



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



THE LIBRARY
OF THE



CLASS En 620.6
BOOK g.5011



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

PARIS. - - IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
26704 Quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS A ÉTÉ RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE LE 7 DÉCEMBRE 1886.

TOME XVI. — ANNÉE 1899.



SIÈGE SOCIAL }
LABORATOIRE } 12 et 14, rue de Staël,
à Paris.

UNIVERSITY OF
MICHIGAN
LIBRARY

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1899

TO YTI23DIVBU
ATO23DIVBU
YNAFBU

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Coupe-circuits à interrupteurs (M. **Brunswick**), p. 7. — Descriptions et observations (MM. **Vedovelli**, **Zetter**, **Boucherot**, **Hillairet**), p. 10, 19, 28, 29.
PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 31.
OUVRAGES OFFERTS, p. 32.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE
du mercredi 4 janvier 1899 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. HILLAIRET, *vice-président*.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société (voir p. 29) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Courtois (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service technique à la *Société industrielle des Téléphones*, 23, rue La Fontaine, à Paris. — Présenté par MM. R.-V. Picou et Meyer-May.

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

498007

MM.

Duval (Charles-Léon), Sous-Chef des Travaux à l'École supérieure d'Électricité, 16, boulevard d'Enghien, à Argenteuil (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Laurain (Henri), Ingénieur de la *Compagnie anonyme continentale des Compteurs*, 9, rue Pétreille, à Paris. — Présenté par MM. Brillié et Robert.

Priestley (Charles-Marie-Édouard), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur-Constructeur de la *Maison Vedovelli et Priestley*, 160, rue Saint-Charles, à Paris. — Présenté par MM. E. Sartiaux et Vedovelli.

Richemond (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures, de la *Société des Établissements Weyher et Richemond*, à Pantin, 50, route d'Aubervilliers, à Pantin (Seine). — Présenté par MM. F. Meyer et Chaussenot.

Vandevelde (Henri), Ingénieur de l'Institut industriel du Nord, attaché aux *Établissements Postel-Finay*, 1, place Percire, à Paris. — Présenté par MM. Debeauve et Ch. David.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT annonce que, conformément à une décision du Comité d'administration, un premier tirage au sort pour l'amortissement de 85 obligations de l'emprunt pour l'École supérieure d'Électricité, sera effectué le 1^{er} février prochain, au siège social.

Des remerciements sont adressés aux auteurs des dons suivants, pour l'École supérieure d'Électricité :

SOCIÉTÉ GRAMME : 1 rhéostat de démarrage à deux manettes ;

» 1 rhéostat d'excitation.

BERNE : 100 paires de charbons pour lampes Brianne.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques (1).

(1) M. Sarcia, empêché au dernier moment, n'a pu présenter la Communication pour laquelle il était porté à l'ordre du jour de cette séance.

COUPE-CIRCUITS A INTERRUPTEURS.

M. BRUNSWICK. — « Messieurs, il y a quelque temps, notre Président avait songé qu'il pourrait être intéressant d'ouvrir une discussion sur l'état actuel de l'appareillage électrique : interrupteurs, coupe-circuits, commutateurs, etc., et sur les conditions que devrait remplir cet appareillage pour en assurer le fonctionnement irréprochable dans les installations.

» Les Sociétés techniques étrangères se sont déjà préoccupées d'études analogues et ont élaboré divers règlements ou ensembles de prescriptions qui ont pu servir de guide à nos concurrents étrangers, tant dans la construction proprement dite que dans les installations. En Allemagne, les prescriptions de la *Société électrotechnique allemande* ont une valeur quasi officielle; aux États-Unis, les Compagnies d'assurances n'acceptent pas de police pour des installations non conformes au Code édicté par le *Congrès national des Règlements d'Électricité* ⁽¹⁾.

» Il est incontestable que les études entreprises en commun, sur ces matières, par les Sociétés techniques étrangères ont eu une grande influence sur les perfectionnements de l'appareillage et des installations.

» L'appareillage électrique prête plutôt à des études de praticien qu'à des recherches savantes; il en résulte que la publicité des résultats étant beaucoup plus restreinte, l'importance des échanges de vues dans une Société telle que la Société internationale des Électriciens ne peut en être que plus grande et plus profitable pour les industriels.

» Nous avons donc été chargé par notre Président d'exposer succinctement l'état actuel de la question et d'inviter les Membres de la Société à vouloir bien apporter ici le plus grand nombre possible d'observations.

» Notre Collègue, M. Laffargue, a bien voulu (ce dont nous le

⁽¹⁾ Les diverses réglementations étrangères ont été publiées dans le Tome XIV du *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, p. 449 et suiv.

remercions vivement), par ses démarches auprès des constructeurs, assurer la présentation à cette séance d'un certain nombre d'appareils. Le résultat a dépassé les espérances possibles; la variété et le nombre des appareils mis à la disposition de la Société en est la preuve.

» Revenant à notre sujet, au premier abord, nous étions porté à croire que l'industrie de l'appareillage en France était dans un état relatif d'infériorité. Cette erreur, assez généralement partagée, croyons-nous, ce qui est notre excuse, tient principalement à une cause qu'il faut signaler en passant, la différence de nos procédés commerciaux avec ceux de nos concurrents étrangers : alors que les catalogues étrangers font preuve d'un luxe et d'une abondance de détails vraiment fastueux et sont renforcés par une publicité continue, on hésite beaucoup trop, en France, pour tout ce qui concerne la publicité. C'est là un point capital, car il a sa répercussion sur le mouvement commercial : sur la foi de catalogues incomplets, le public consommateur ignore l'existence des appareils et s'adresse directement à ceux qui ont su lui fournir des documents ou renseignements préalables plus complets; le dommage est évident.

» En tous les cas, la spontanéité avec laquelle quelques-uns des principaux constructeurs d'appareillage ont exposé ce soir, dans cette salle, de nombreux exemplaires remarquables, est une preuve de la vitalité de l'industrie de l'appareillage en France.

» En provoquant une discussion entre les intéressés il ne s'agit pas de tendre à imposer des formes déterminées, mais seulement de mettre le plus possible en lumière les principes d'appropriation des appareils au but qu'ils doivent remplir; en s'inspirant de ces principes, chaque constructeur resterait toujours et absolument maître des moyens de réalisation.

» Tout d'abord, il est évident que bien des points pourraient être traités presque identiquement sans entraver l'émulation des concurrents.

» Dans d'autres industries, on trouve des exemples d'entente analogues. C'est ainsi que les gaziers se sont mis d'accord sur les dimensions des raccords de tuyauterie et les pas. Il ne nous semble pas impossible que les appareilleurs en électricité puissent s'inspirer des mêmes désirs que leurs confrères gaziers.

» En France, le mouvement dans le sens de l'unification rationnelle est propagé par la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale en ce qui concerne les filetages. Les règles de cette Société ont été adoptées par le Gouvernement français; la Société des Mécaniciens allemands et les Sociétés suisses similaires viennent de décider l'adoption des mêmes mesures dans un Congrès tenu à Zurich où les règles de la Société d'Encouragement ont reçu quelques modifications de détail plus ou moins heureuses.

» Il paraît donc tout indiqué qu'à ce point de vue, purement mécanique, les appareilleurs auraient parfaitement raison de se rallier aux décisions de la Société d'Encouragement. Ce système ne s'occupe que des filetages à partir de 6^{mm} de diamètre. Il serait facile de s'entendre ici même sur une règle pratique pour les filetages de la série dite *horlogère* qui est de quelque emploi en appareillage.

» Une décision dans ce sens offrirait un certain intérêt pour faciliter l'interchangeabilité des organes et serait, à notre avis, accueillie avec faveur par tous ceux qui ont des installations à leur charge.

» Dans le même ordre d'idées il nous semble qu'on pourrait étudier en commun, avec fruit, la disposition des prises de courant. En ce qui concerne plus particulièrement la partie électrique des interrupteurs nous nous contenterons, pour le moment, de citer quelques-uns des points qui mériteraient d'attirer l'attention et d'être discutés, savoir :

» La forme et le genre des parties sur lesquelles se produit la rupture du courant;

» L'influence de la nature du métal ou des métaux constituant ces pièces;

» Les dispositions permettant, soit de réduire l'usure des pièces supportant la rupture du courant, soit de remplacer facilement les pièces détériorées ou usées par le service;

» L'écartement des pièces métalliques en fonction des différences de potentiel existantes entre pièces voisines;

» Le nombre et l'influence des coupures multiples;

.....

» Relativement aux coupe-circuits fusibles, un point de pratique très important est relatif aux dispositions à prendre pour qu'un cir-

cuit déterminé ne puisse être dangereusement surchargé simplement à la suite de substitution d'un fusible à un autre calculé pour une intensité inférieure. Il sera également intéressant d'examiner la limite d'emploi des fusibles.

» Bien d'autres sujets pourront être traités avec autorité entre les membres de la Société et nous sommes persuadé que leur discussion ne pourrait que profiter aux constructeurs et guider plus efficacement bon nombre de ceux qui utilisent l'appareillage.

» Cette étude en commun réservera probablement bien des surprises agréables à ceux qui s'intéressent à la question de l'industrie de l'appareillage en France.

» En attendant nous croyons que cette séance gagnerait en intérêt si ceux de nos collègues à qui nous sommes redevables de la série d'appareils ici exposés voulaient bien, avec plus de compétence que nous ne le pourrions faire certainement, présenter lesdits appareils à la Société.

» En terminant, nous serions heureux si notre intervention, quoique se limitant à susciter le débat, provoquait quelques résultats en faveur de notre industrie et contribuait à aider les constructeurs à constituer, lors de l'Exposition prochaine, des collections dignes de leurs efforts et aussi parfaites que nous les souhaiterions pour rivaliser et triompher, si possible, de la concurrence étrangère. »

M. VEDOVELLI. — « Pour répondre au desideratum que vient d'exposer M. Brunswick « de l'entente possible des constructeurs pour » l'unification des formes à donner aux appareils remplissant un » but bien défini et des principes généraux afférents à leur construction », je dirai qu'il est difficile, sinon impossible, d'imposer un type bien défini, invariable dans sa forme, à chaque genre d'appareil et que le mieux est de laisser à chacun son libre arbitre, cette forme dépendant d'ailleurs beaucoup des procédés de fabrication de l'atelier où est construit l'appareil. Néanmoins, il est un point commun à tous, une question de principes sur laquelle nous désirons appeler votre attention : c'est la question des contacts.

» Aujourd'hui, il est à peu près universellement reconnu que le

contact à balais est le seul applicable, du moins en ce qui concerne les contacts métalliques.

» La juxtaposition de plusieurs lames élastiques, pour former contact sur un couteau ou une surface métallique quelconque, présente, en effet, toute sécurité dans le fonctionnement d'un appareil d'interruption ou de commutation, tandis que le frottement d'une lame unique, sur le même couteau ou la même surface, est très aléatoire.

» En effet, l'élasticité de toutes ces lames superposées fait que l'interposition d'un corps étranger sur la surface de frottement, une dénivellation partielle de cette surface n'intéresse qu'une ou plusieurs lames, mais laisse toujours au contact un grand nombre de points par lesquels le circuit peut se fermer. Au contraire, dans le frottement d'une surface homogène comme une lame élastique, une paillette sur la même surface, couteau ou couronne, l'interposition de ce corps étranger donnera, sinon une solution de continuité, du moins un contact par un point ou une ligne, ce qui devient très défectueux; la présence de ce corps étranger n'est, d'ailleurs, pas un cas très rare, surtout dans les contacts en cuivre rouge où la granulation provenant de la fusion du métal permet souvent de la constater.

» Donc, ceci fait qu'aujourd'hui la généralité des constructeurs emploie exclusivement les balais, comme vous pourrez en juger, d'ailleurs, sur les appareils exposés, surtout pour les intensités dépassant 25 ou 30 ampères.

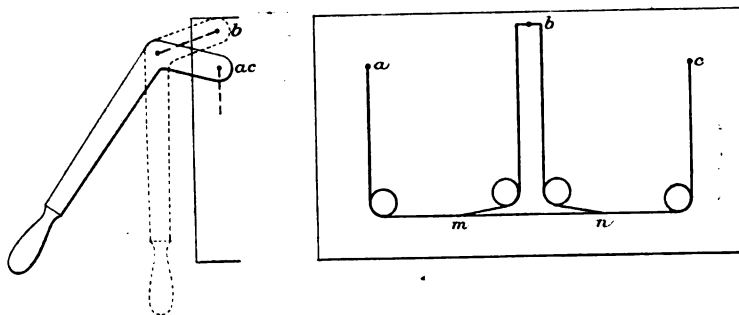
» En ce qui concerne la nature de ces balais, les uns les font en cuivre rouge, d'autres en cuivre jaune; nous croyons que ce dernier est préférable à plusieurs points de vue. D'abord la conductibilité relative de ces deux métaux est, dans le cas qui nous occupe, comparable. En effet, les sections calculées sont toujours de beaucoup supérieures à celles qui sont nécessaires en réalité; donc, à ce sujet, valeur égale. Mais, sous l'étincelle, le cuivre jaune se conduit mieux; il se volatilise, il est vrai; en revanche, il ne laisse pas sur sa surface ces granulations que l'on constate presque toujours aux contacts en cuivre rouge, et qui proviennent de la fusion du métal porté à la haute température de l'arc. Nous dirons en passant que le métal idéal, dans ce cas, serait le zinc; il n'est pas encore rendu pra-

tique; le moyen terme sera donc le cuivre jaune, et nous l'avons adopté dans presque toute notre fabrication. D'ailleurs, au point de vue mécanique il est supérieur; il grippe moins que le cuivre rouge, demande moins d'entretien; enfin, il est plus élastique, ce qui est une excellente condition pour la réalisation des bons contacts, comme nous le disions tout à l'heure.

» Ces quelques questions de principe exposées, nous passerons, puisqu'on veut bien nous le demander, à l'exposé des quelques appareils de notre fabrication que vous avez sous les yeux. Nous vous montrerons d'abord un commutateur bipolaire à trois directions, pour 200 ampères, composées de trois interrupteurs bipolaires de 200 ampères, réunis par un enclenchement. Cet appareil, dont on rencontre quelquefois l'application, par exemple dans l'alimentation d'un même circuit par trois sources différentes, est tel qu'une seule des sources peut alimenter le circuit intéressé et une seule à la fois.

» A cet effet, sur l'axe de chaque interrupteur bipolaire est calé un levier à l'extrémité duquel est fixée une chaîne; ces chaînes viennent, suivant le schéma ci-joint (*fig. 1*), s'enrouler sur des

Fig. 1.



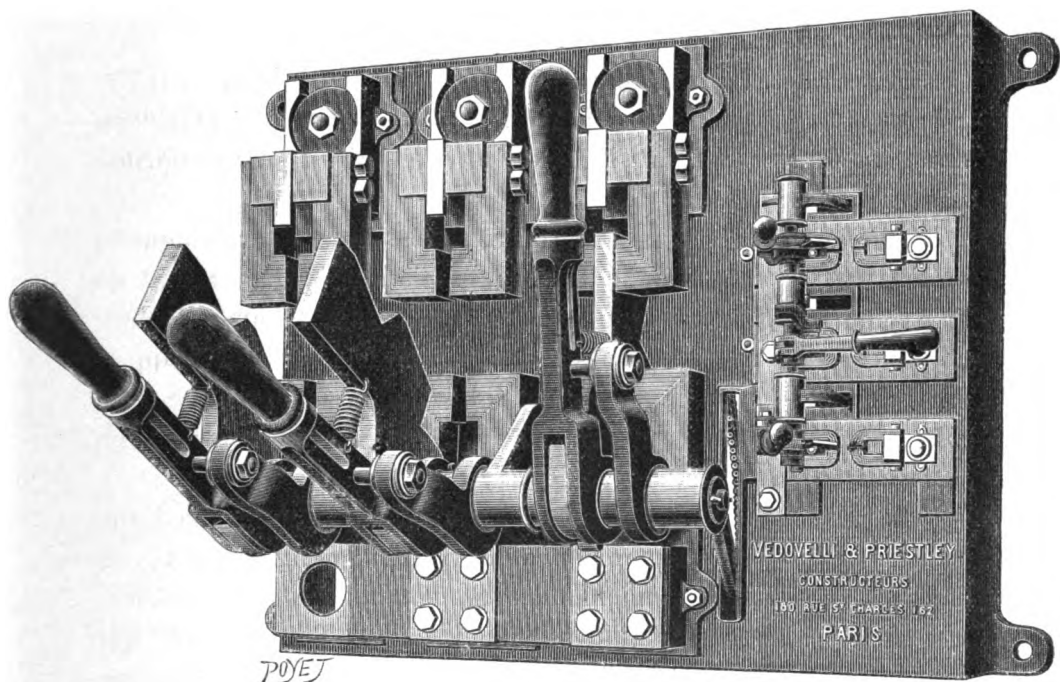
galets, et a , b , c sont les points d'attache des chaînes sur les leviers.

» Voici le fonctionnement :

» Tous les interrupteurs étant ouverts, je ferme b par exemple; bma est tendue, bnc est tendue et mn est détendue. Si je veux fermer c ou a , à cause de la rigidité de bma ou bnc , j'ouvrirai forcément b ; à ce moment, mn se tend et l'une ou l'autre de bma ou bnc se détend; il est facile de voir que l'enclenchement est produit, quelle que soit la combinaison que l'on cherche à réaliser (*fig. 2*).

» Nous avons appliqué un principe analogue sur un commutateur unipolaire de 1500 ampères à trois directions, enclenché avec un commutateur unipolaire de 50 ampères à trois directions. Ces deux commutateurs, pris isolément, satisfont à la même condition que l'appareil précédent et, en plus, ils sont enclenchés entre eux,

Fig. 2.



c'est-à-dire qu'à chaque direction de 1500 ampères correspond une quelconque des trois directions de 50 ampères, et l'appareil est ainsi tel que l'on ne peut envoyer le courant dans le circuit principal d'une des directions qu'après avoir fermé l'un des interrupteurs à excitation et rien qu'un, et avoir coupé le courant sur toutes les autres directions; réciproquement, on ne peut interrompre l'excitation qu'après avoir coupé le courant sur l'armature. Ceci est moins un problème d'électricité que de mécanique; d'ailleurs, dans toute notre fabrication, nous nous efforçons, dans les limites du possible, d'appliquer les solutions mécaniques qui peuvent remplir de la façon la plus convenable le but que nous nous proposons. [Nous avons déjà réalisé beaucoup d'appareils dans cet ordre d'idées et

nous croyons que les installateurs qui ont eu à les employer en sont très satisfaits. Par exemple, avec cette méthode nous avons exécuté un appareil de démarrage dans les deux sens de moteur shunt pour ascenseur.

» Il est essentiel, dans un semblable appareil, que la mise en marche et l'arrêt ne soient pas laissés à la volonté de la personne qui manœuvre, tant comme question de sécurité que pour la bonne utilisation et l'entretien du moteur.

» A cet effet, la commande se faisant par une corde, nous interposons, entre le levier commandé directement par la corde et le commutateur du rhéostat, une liaison élastique qui est l'air comprimé par un jeu de ressorts.

» Quelle que soit la rapidité ou même la brutalité avec laquelle on tire sur la corde de manœuvre, une fois que l'échappement de l'air comprimé dans un cylindre est réglé, le commutateur se déplace toujours avec la même vitesse proportionnelle à la vitesse d'échappement de l'air. Le commutateur est solidaire du piston mobile et ce piston mobile lui-même est relié au levier de manœuvre par une autre liaison élastique, un jeu de ressorts.

» Le démarrage dans les deux sens est obtenu au moyen d'une coulisse spéciale dont une certaine longueur représente un temps mort qui sert au renversement du courant dans l'induit du moteur.

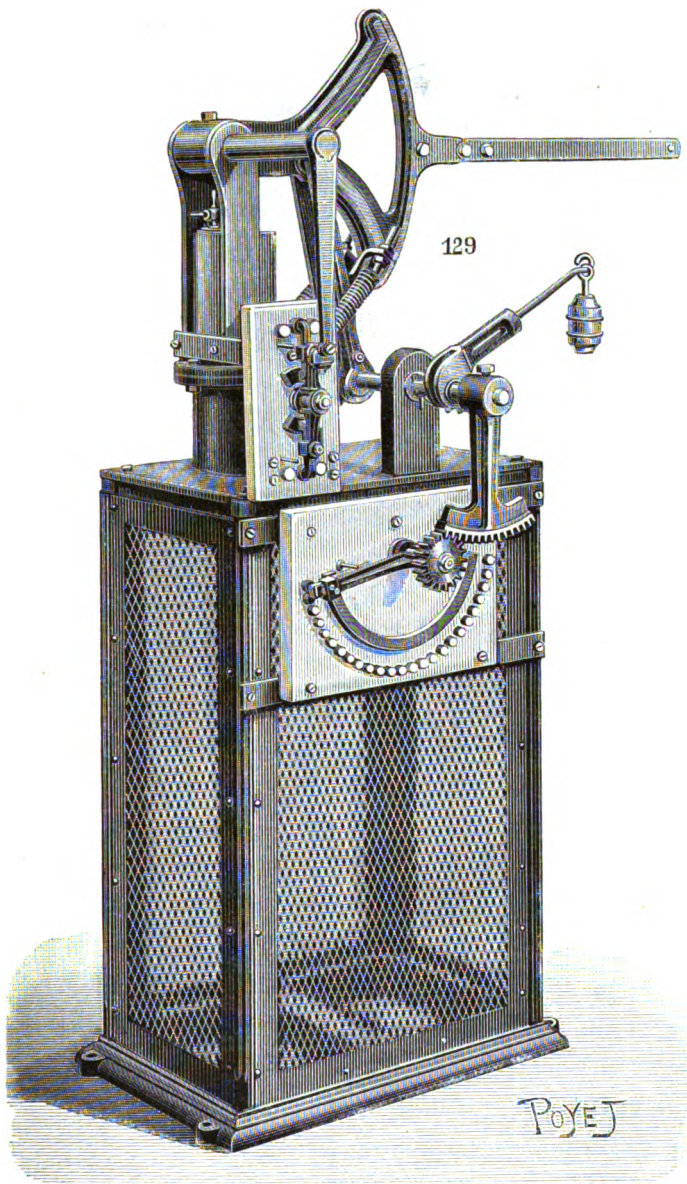
» Nous avons construit plusieurs appareils de ce genre qui donnent satisfaction, et nous sommes en train d'appliquer le même principe dans la mise en marche de moteurs d'ateliers.

» Les appareils que nous venons de vous exposer jusqu'à présent sont destinés à commander des circuits dont la tension ne dépasse pas 200 volts ou 220 volts. Pour des voltages supérieurs et jusqu'à 500 volts et même 1000 volts, nous utilisons encore le mode d'interruption du courant sur balais et couteaux, mais en plaçant entre les pièces dont le voisinage serait susceptible de maintenir l'arc de rupture sous ces tensions moyennes une distance un peu supérieure, entre les pièces à des potentiels différents des cloisons isolantes, fibre, micanite, etc. (*fig. 3*).

» De plus, nous adjoignons dans ces appareils une sorte de canalisation de l'arc en localisant la rupture sur un pare-étincelle soit métallique, soit en charbon.

» Quand nous arrivons aux voltages supérieurs à 500 volts et 1000 volts, nous employons alors des interrupteurs à ruptures mul-

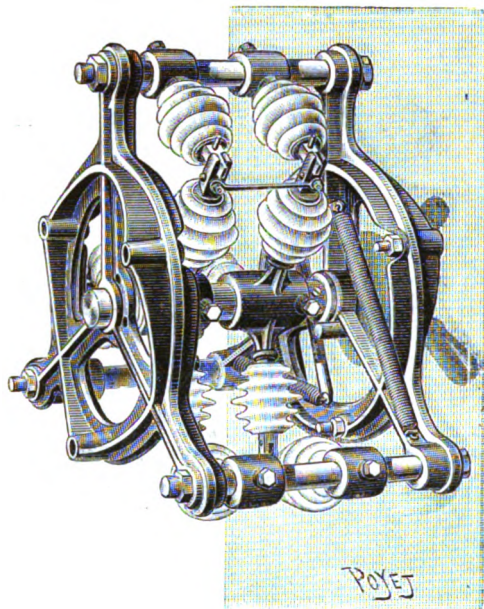
Fig. 3.



tiples. Vous avez sous les yeux un semblable appareil (*fig. 4*) : c'est un interrupteur de 4000 volts, unipolaire. Dans le cas qui nous occupe, la rupture se fait dans l'air. De ce que nous avons employé

ce procédé, nous n'en concluons pas que la rupture dans les milieux liquides non conducteurs est mauvaise; nous dirons seulement

Fig. 4.



qu'elle ne donne pas toute la satisfaction qu'on est en droit d'attendre d'elle à de très hautes tensions.

» En effet, l'huile, par exemple, sous l'effet de la haute température de l'arc (et cet arc existe même dans l'huile qui ne fait que le rompre), se carbonise, donne des résidus solides dont la présence peut compromettre gravement le bon fonctionnement d'un appareil à tension élevée; de plus, les conditions d'étanchéité des récipients contenant cette huile sont une difficulté que nous ne rencontrons pas dans la construction de l'appareil que nous vous présentons.

» Il est en effet d'une construction simple, robuste, facile à réaliser et d'un fonctionnement sûr.

» La rupture se fait sur deux points du circuit, sur deux contacts en tension, et nous coupons 4000 volts sous forme de deux arcs de 2000 volts. Nous pourrions multiplier ces arcs en juxtaposant le nombre d'éléments, analogues à ceux que vous avez devant vous, égal au nombre de rupture que l'on veut adopter.

» La rupture se fait brusquement, comme d'ailleurs dans tous les

appareils que nous vous avons présentés jusqu'ici. Il est évident que cette rapidité de rupture est absolument fonction des conditions et du but que doit remplir l'appareil.

» Un circuit dépourvu de self-induction, un circuit d'incandescence par exemple, aura besoin de la rupture brusque que ne nécessitera pas le même circuit avec une grande self-induction ; ces conditions de capacité, de self-induction, etc., entrent évidemment pour beaucoup en ligne de compte dans la détermination du genre de rupture à donner à un appareil. Mais les constructeurs ne peuvent envisager ces différents cas ; il est rare, en effet, que, dans une commande d'appareils, de semblables spécifications soient faites ; le mieux est de se placer dans le cas le plus général de la rupture brusque, quitte ensuite à modifier suivant les exigences de l'exploitation l'appareil en service, et ceci très simplement d'ailleurs.

» Pour terminer, nous dirons quelques mots d'un réducteur d'accumulateurs à manœuvre brusque de 4000 ampères, qui peut être manœuvré à distance (*fig. 5*).

» Le but de cet appareil est de faire déplacer brusquement le balai sur les plots, de manière qu'il ne reste jamais à cheval sur le plot actif et le plot de réduction, ce qui pourrait arriver dans de gros appareils de ce genre et ne ferait porter le balai que sur une fraction peut-être minime du contact nécessaire.

» En principe, cet appareil se compose d'un pignon fixe portant huit dents et d'un cliquet venant en contact avec ces dents ; c'est-à-dire que le cliquet se déplace de $\frac{1}{8}$ de tour par déplacement. Le mécanisme revient à dégager ce cliquet de la dent pour le faire passer par de puissants ressorts sur la dent suivante où il s'arrête, et ainsi de suite.

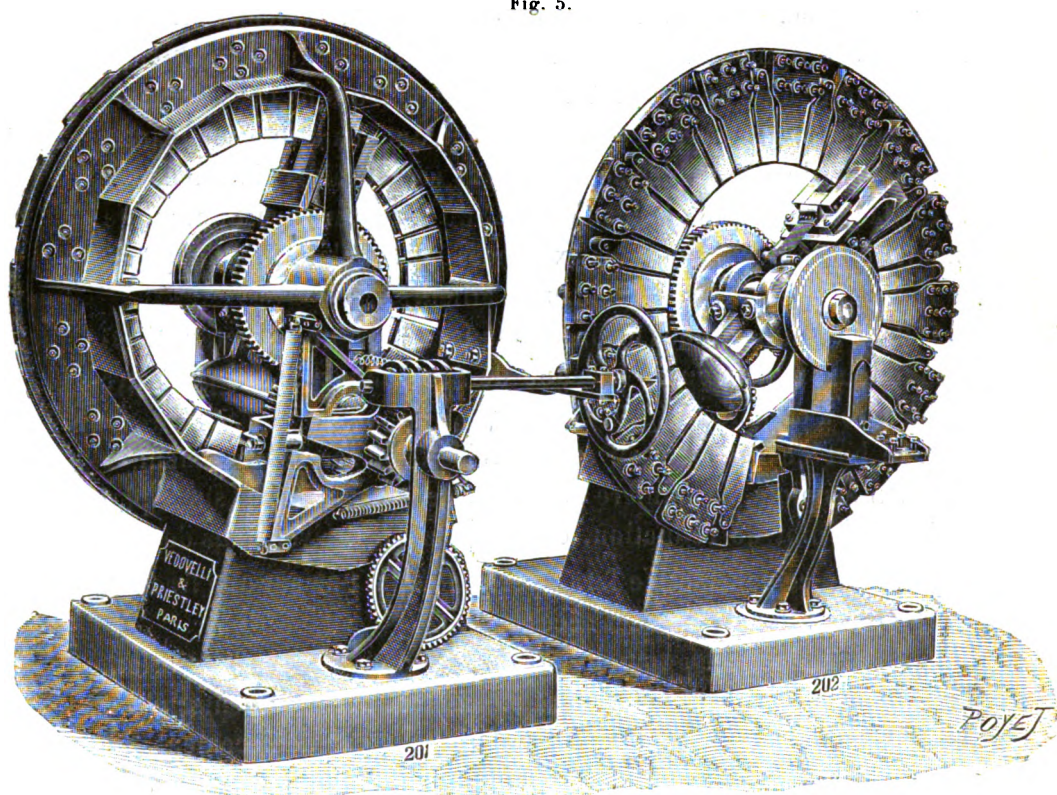
» A cet effet, le cliquet porte un contre-cliquet que l'on soulève progressivement au moyen d'une pièce spéciale manœuvrée à la main ou, à distance, par un moteur. Chaque fois que ce cliquet et son contre-cliquet avancent de $\frac{1}{8}$ de tour, la pièce en question avance en même temps et revient prendre, par rapport au cliquet, la position qu'elle occupait primitivement.

» La manœuvre recommence de même pour le plot suivant. Le système est symétrique en sorte que le mouvement dans l'autre sens se fait de la même façon.

» Nous dirons maintenant quelques mots sur un chapitre très intéressant et assez délicat, celui des interrupteurs automatiques de circuits, coupe-circuits fusibles et coupe-circuits magnétiques.

» En ce qui concerne les coupe-circuits fusibles il est difficile de déterminer les limites entre lesquelles ils doivent être appliqués,

Fig. 5.



mais nous croyons qu'ils doivent être employés exclusivement pour les faibles intensités, réservant les coupe-circuits magnétiques pour les intensités supérieures. Quelques expériences que nous avons faites à ce sujet nous ont montré que l'on ne peut compter sur une approximation supérieure à la moitié de l'intensité marquée comme intensité de fusion; c'est-à-dire que, par exemple, un fil d'alliage, donné comme devant fondre à 100 ampères, peut très bien fondre à 50 ampères comme à 100 ampères, et nous pouvons dire qu'il est presque impossible à un constructeur de garantir, au delà de ces limites, les plombs fusibles qu'il fabrique.

» Il entre, dans le calcul de cette température de fusion, tellement de facteurs différents, que le même plomb ou alliage fusible, pris sous des formes différentes à des époques variables de son utilisation, peut fondre à des températures variant du simple au double. Cet alliage spécial, au bout de quelque temps, surtout dans des exploitations avec accumulateurs, se recouvre d'une couche d'oxyde qui maintient parfaitement le fil rigide, alors que sous la même intensité et quelques mois avant il serait fondu depuis longtemps.

» *A fortiori*, pour des alliages venant de coulées différentes, de fabricants différents, le travail modifie les conditions d'utilisation d'un fil fusible; la pression à laquelle il a été fabriqué fait varier son homogénéité, donc son point de fusion. Bref, toutes ces raisons doivent proscrire l'emploi des coupe-circuits fusibles pour les fortes intensités et plaider en la faveur des coupe-circuits magnétiques, autrement dits disjoncteurs. Nous vous présentons un disjoncteur à minimum de 1500 ampères; sur le même principe on peut construire le disjoncteur à maximum. De semblables appareils pour des intensités supérieures ont été construits dans nos ateliers; par exemple, dans un secteur de Paris, fonctionne, tous les jours, un disjoncteur de 4000 ampères et qui, tous les jours, rompt le courant entre 75 et 80 ampères.

» On pourrait, avec l'ajustage de cet appareil, descendre à une limite certainement inférieure.

» Nous pouvons assurer que pour ce genre d'appareils, maximum ou minimum, nous obtenons facilement une approximation de 5 pour 100 au lieu de 50 pour 100 des coupe-circuits fusibles; c'est un résultat appréciable qui certainement doit être envisagé de très près par un installateur chargé d'une affaire importante comme l'éclairage d'une ville ou d'un secteur. »

M. ZETTER. — « Les appareils construits par la *Compagnie française d'appareillage électrique* (anciens établissements Grivolos, puis Saget et Grillet) et dont nous avons apporté quelques échantillons à cette séance, comprennent :

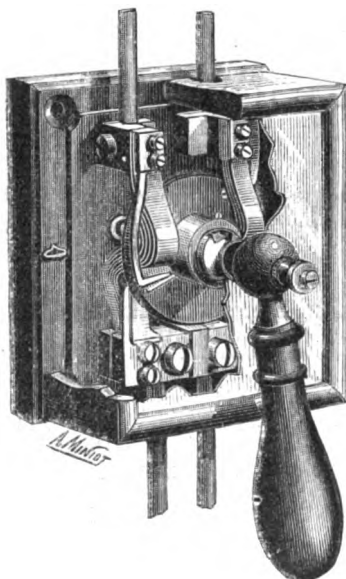
- » 1° Les appareils pour basse tension de 110 à 220 volts;
- » 2° Les appareils pour tension moyenne, soit 500 volts;

» 3° Les appareils pour haute tension de 1200, 2400, 5000 et 6000 volts.

» Dans la première catégorie, soit la basse tension, se rangent les interrupteurs, commutateurs, réducteurs, coupe-circuits, disjoncteurs à maxima, disjoncteurs à minima, enfin tous les appareils servant à l'ensemble d'une distribution principale.

» Nous avons adopté, pour la construction de nos interrupteurs, commutateurs et réducteurs, le balai mobile à lames multiples et flexibles, venant former contact sur une surface de cuivre dressé, comme dans l'interrupteur à disque tournant (*fig. 1*), dans lequel l'étincelle de rupture est atténuée à l'aide d'un pare-étincelle.

Fig. 1.



» Dans l'interrupteur (*fig. 2*) la lame de rupture est formée d'un couteau de cuivre pénétrant dans des contacts à lames multiples et flexibles. L'interrupteur (*fig. 3*) est basé sur le même principe et est destiné à des intensités de 800 à 1000 ampères. Suivant les cas, nous employons l'un ou l'autre de ces modes de contacts.

» Nos coupe-circuits sont à blocs ou à barrettes.

» Ce dernier type, construit et créé par M. Grivolat, il y a une dizaine d'années, est de plus en plus employé, car il rend très pratique le changement des plombs par l'enlèvement rapide de la barrette; il

Fig. 2.

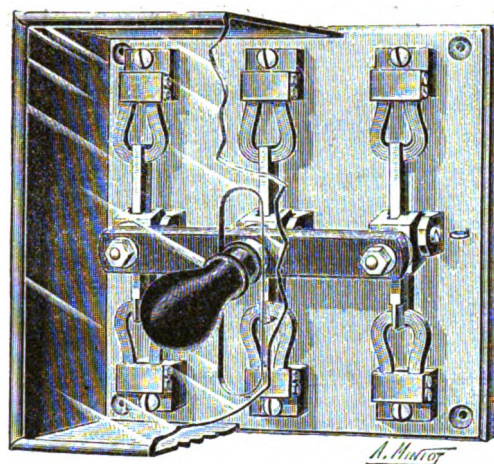
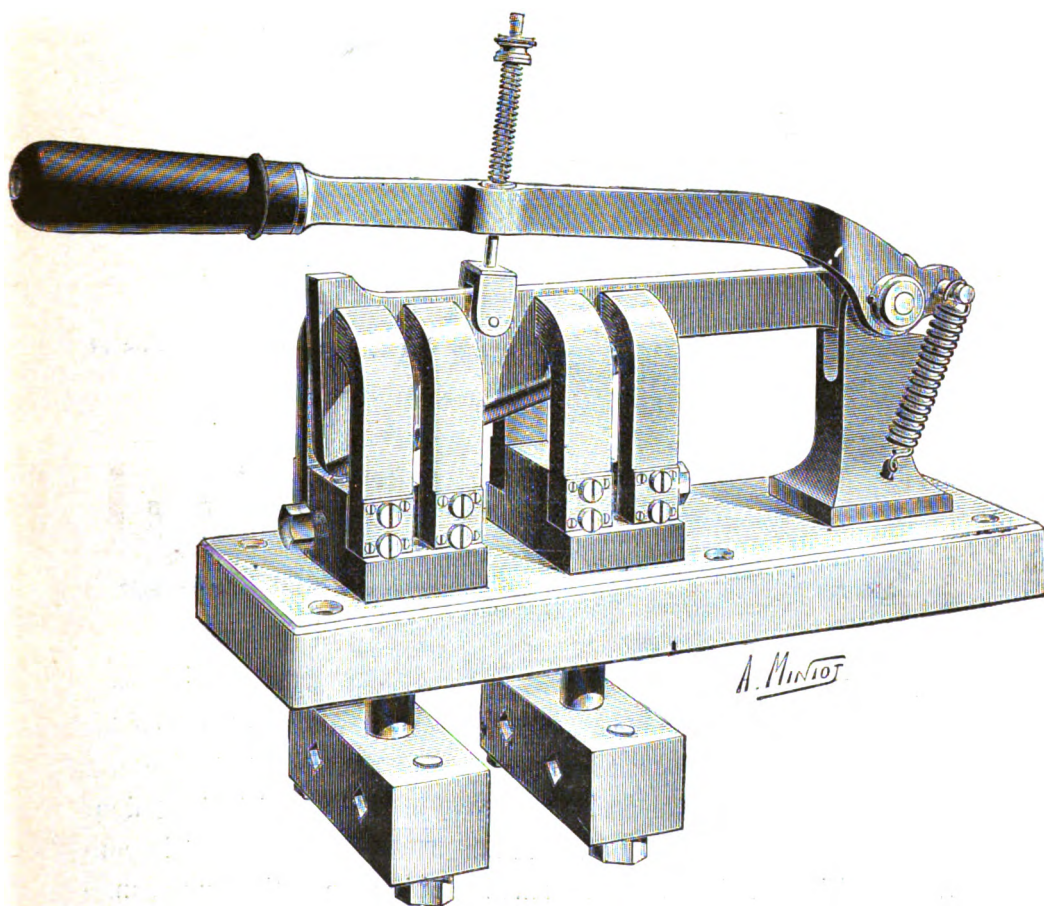
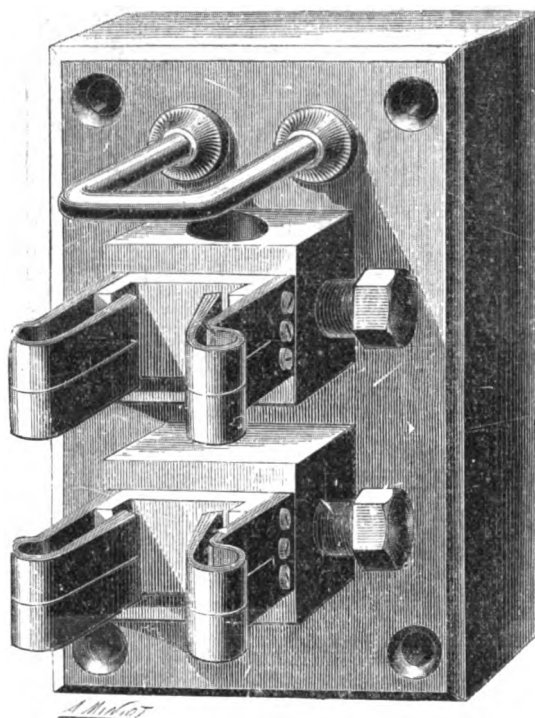


Fig. 3.



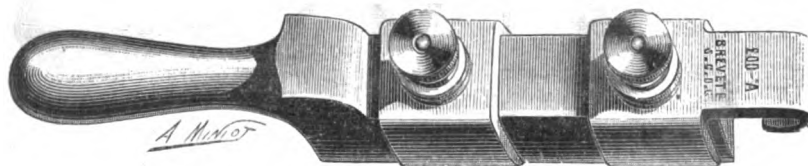
se construit pour des intensités venant depuis 5 ampères jusqu'à 500 ampères et plus. Les *fig. 4* et 5 représentent un coupe-circuit

Fig. 4.



de ce système pour courant de 120 ampères, à lames multiples et flexibles avec barrette mobile.

Fig. 5.



» Le disjoncteur à minima (*fig. 6*), construit pour 30 et 60 ampères, peut facilement s'établir pour des intensités plus grandes sans augmenter beaucoup la bobine servant à maintenir le contact. En effet, cette bobine est shuntée avec un fil de maillechort dont on peut faire varier la section et la longueur. En partageant le courant, moitié dans le fil, moitié dans la bobine, on obtient une sensi-

Fig. 6.

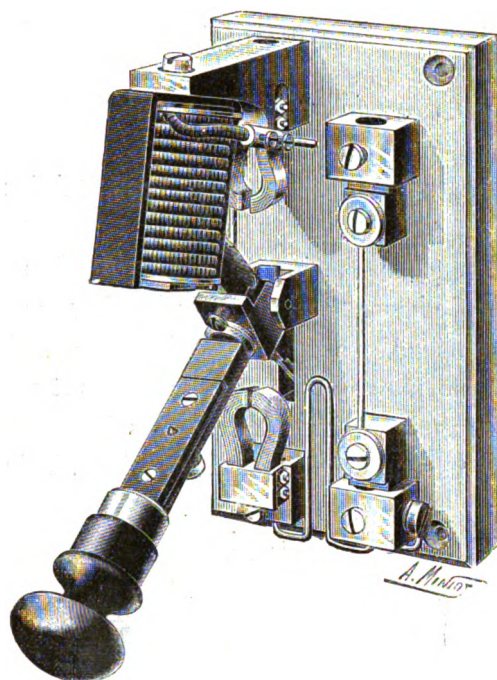
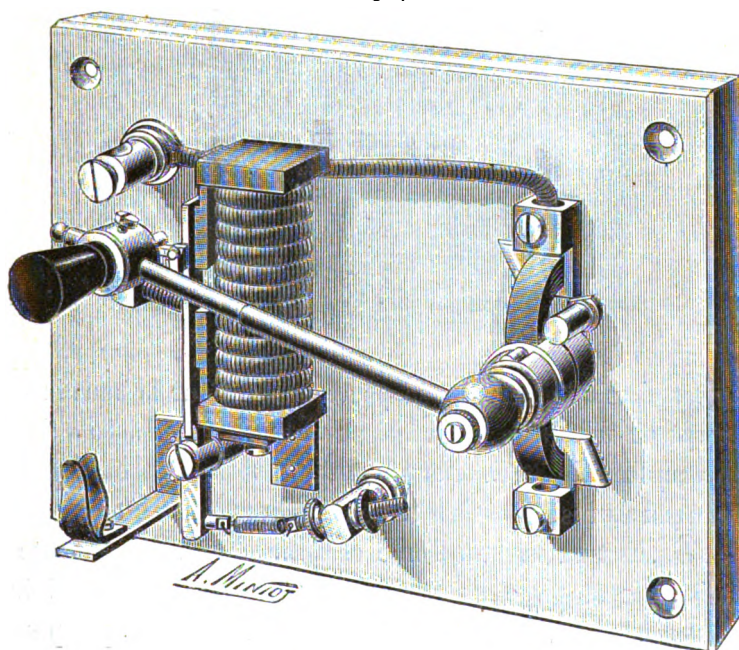


Fig. 7.

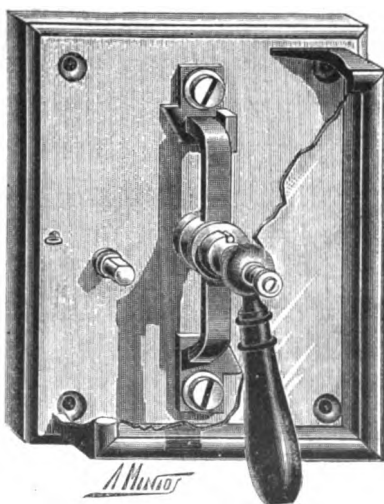


bilité qui permet de maintenir le contact avec $\frac{1}{2}$ de l'intensité pour laquelle le disjoncteur est construit, ce qui présente un grand intérêt pour la charge des batteries d'accumulateurs; nos types de 30 et 60 ampères peuvent ainsi être réglés pour déclencher à 5 et 10 ampères.

» Dans le même ordre d'idées, nous avons établi un disjoncteur à maxima (*fig. 7*).

» Les appareils pour tension moyenne de 500 volts sont les mêmes que ceux de basse tension, mais la distance entre les contacts a été augmentée. Il y a également de plus grandes précautions à prendre dans l'isolement des appareils; tels sont nos interrupteurs (*fig. 8*) et nos coupe-circuits (*fig. 9*) dans lesquels la distance de rupture est de 8^{cm} et qui offrent toute sécurité d'isolement.

Fig. 8.

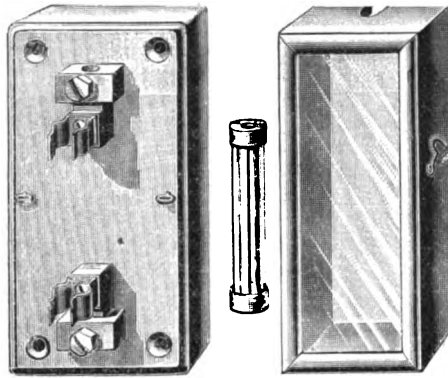


» Aujourd'hui, l'attention se porte surtout sur la haute tension. L'interrupteur bipolaire (*fig. 10*), construit pour 2400 volts, possède une rupture de 8^{cm} à chaque contact, soit 32^{cm} pour l'ensemble des quatre ruptures. Il est enfermé dans une boîte vitrée, et sa manœuvre s'obtient au moyen d'une clef mobile en fibre; toute communication directe avec les parties métalliques est ainsi évitée.

» L'appareil (*fig. 11*) est un interrupteur automatique pour cou-

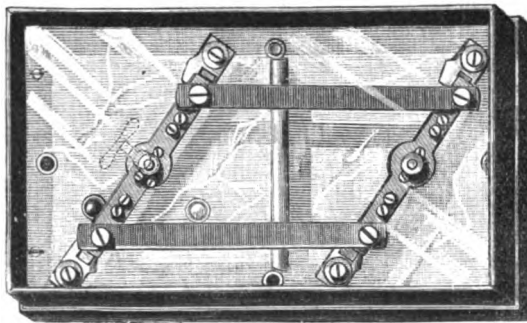
rant primaire de 5000-6000 volts, employé sur les secteurs à courants alternatifs, qui permet de n'utiliser le transformateur que

Fig. 9.



pendant le temps nécessaire au fonctionnement de l'appareil qu'alimente ce transformateur. Cet interrupteur s'applique surtout à la manœuvre des ascenseurs et à la mise en marche des moteurs qui

Fig. 10.

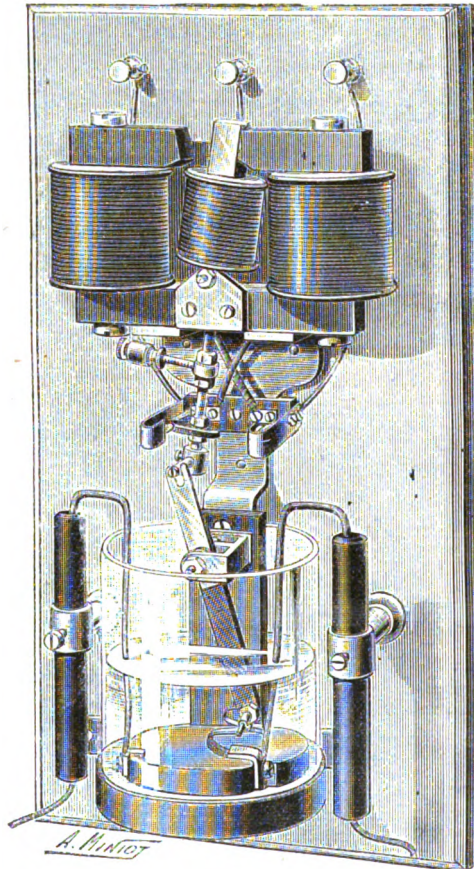


ne fonctionnent que par intervalles et pour lesquels on installe un transformateur spécial.

» Il se compose d'un relai polarisé actionné par un courant de piles. Entre les pôles de ce relai se déplace un aimant qui, par son mouvement de va-et-vient, ferme ou rompt le courant primaire au moyen d'un contact double qui, par ce fait, assure la sécurité du fonctionnement de l'appareil ; les contacts se composent de deux

tiges de maillechort plongeant dans deux godets à mercure et de deux contacts métalliques. Le tout est noyé dans un récipient en verre contenant de l'huile de ricin.

Fig. 11.



» Dans nos coupe-circuits à haute tension, nous avons employé les barrettes en fibre munies de chappes distantes l'une de l'autre de 15^{cm} à 18^{cm}; le couvercle est fixé sur la barrette et se déplace avec elle (*fig. 12*).

» Pour des voltages plus élevés, 5000 volts et plus, nous employons le coupe-circuit à barrette mobile, porte-tube de verre à renflement, ouvert à ses deux extrémités, dans lequel se fixe le fil fusible (*fig. 13*).

» Au moment de la fusion du fil, le grand diamètre des renflements du tube permet à la dilatation des gaz de se produire sans danger de briser le tube.

Fig. 12.

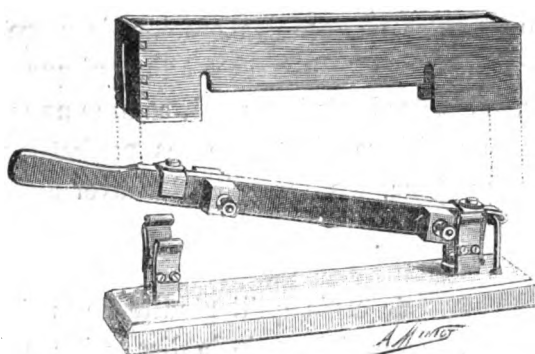
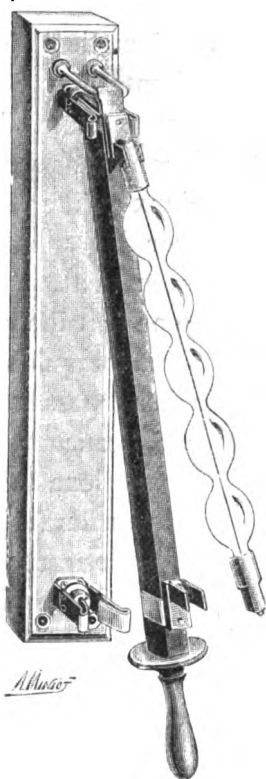


Fig. 13.



» Le courant d'air permet la rapide évacuation de ces gaz et les

étranglements successifs du tube empêchent l'arc de se propager dans l'appareil. En général, la rupture du fil fusible se produit au milieu de sa longueur.

» Dans la construction de tous nos appareils nous cherchons toujours à nous rendre compte des besoins de notre clientèle, et nous croyons arriver à ce résultat grâce à l'appui que nous trouvons auprès des savants et des ingénieurs qui, comme nous, ont le souci d'apporter à l'appareillage électrique les perfectionnements que nécessitent, chaque jour, les nouvelles découvertes. »

M. BOUCHEROT. — « Je crois qu'il résulte de la Communication que nous a faite M. Brunswick et de la discussion qui a suivi que les fabricants d'appareillage électrique ne sont pas tout à fait d'accord sur la meilleure manière de réaliser les différents appareils de commutation et d'interruption, dont les constructeurs de machines électriques et les exploitants de stations centrales ont besoin tous les jours. Il est peut-être possible d'arriver également à de bons résultats en partant d'idées opposées; mais ceux qui ont besoin de ces appareils aimeraient mieux qu'il en fût autrement.

» Lorsqu'il s'agit d'employer des appareils de basse tension, même avec de fortes intensités, on peut, sans trop de crainte, se fier à ce qui vous est offert; encore ne faut-il s'y fier qu'avec prudence. Il n'en est pas tout à fait de même lorsqu'on a besoin d'appareils de haute tension et pour des intensités dépassant quelques dizaines d'ampères. Je sais, et, certainement, beaucoup de nos collègues savent comme moi, combien l'on est perplexe lorsqu'il s'agit d'acquérir des interrupteurs, commutateurs ou fils fusibles devant fonctionner sur des circuits parcourus par des courants alternatifs de quelques milliers de volts et de quelques centaines d'ampères, quel que soit d'ailleurs ce qui se trouve dans ces circuits. Aussi je crois être de l'avis de tous ceux que cette question intéresse en demandant aux fabricants d'appareillage de venir de temps à autre nous rendre compte de ce qu'ils ont fait; et j'entends par là, non pas qu'ils viennent nous présenter des appareils devant rester en magasin, mais des appareils dont quelques exemplaires sont en fonctionnement

tous les jours, éprouvés par un service régulier dans des conditions déterminées. »

M. HILLAIRET. — « Messieurs, je vous demanderai d'ajouter quelques observations à celles que vous venez d'entendre.

» Si les appareils, interrupteurs, commutateurs et autres, ne sont manœuvrés qu'au repos, quand le courant est nul, la nature du métal des surfaces en contact paraît assez indifférente, pourvu que le contact soit suffisamment assuré.

» Il n'en est pas de même si la manœuvre des appareils provoque des variations brusques du courant donnant lieu à des étincelles ou même à des arcs. Dans ce cas, le choix des surfaces entre lesquelles il faut craindre les manifestations calorifiques si complexes que vous connaissez, n'est plus indifférent.

» Certains métaux et certaines substances, de même que certaines formes, résistent mieux que d'autres à l'agent destructeur.

» Les recherches poursuivies dans ces dernières années sur l'arc jaillissant entre électrodes métalliques, les métaux qui, en brûlant, *étouffent* l'arc, la moindre altération de certains métaux sous l'action de l'étincelle discontinue et l'emploi du charbon au contact du métal sont maintenant connus et mis à profit par tous les praticiens.

» Le zinc étouffe l'arc : vous connaissez les parafoudres basés sur la production de ce phénomène. Le laiton tend à se comporter de même, tout en donnant lieu à un phénomène beaucoup moins intense. Le laiton brûle lentement et ne laisse pas de *taches* de fusion aussi nuisibles au bon contact des pièces que le cuivre rouge dans les mêmes conditions. La rupture d'un contact de charbon sur métal, si elle n'est pas prolongée outre mesure et si elle s'effectue avec une densité de courant convenable, n'avarie pas le métal ; il semble se former une atmosphère réductrice qui le protège.

» La rupture dans des milieux liquides, hydrocarburés, pulvérulents inertes ou pulvérulents charbonneux, donne lieu à des refroidissements rapides et même sans doute à des protections réductrices de même nature que dans le cas précédent.

» Mais ceci ne constitue qu'un côté de la question. J'estime qu'il est très important d'étudier un appareil sans l'abstraire de l'organisme général où il doit être intercalé : il n'est pas plus permis

d'étudier isolément un interrupteur, commutateur, permutateur, réducteur ou tout autre appareil important d'une station centrale, que d'étudier le régulateur de la machine conduisant la dynamo sans être exactement renseigné sur les variations de charge probable en fonction du temps, l'inertie de l'organisme entier et le système de distribution de la vapeur.

» Cette règle conduit à la création d'un grand nombre de types d'appareils. En fait, la diversité considérable des tensions et des intensités en usage a déjà donné naissance à des appareils très divers; d'autres variables interviennent, dont on n'a pas encore suffisamment tenu compte et qui nous conduiront à des appareils nouveaux.

» Enfin, pour terminer, une dernière remarque : les appareils que vous avez sous les yeux attestent un souci de l'étude et de l'exécution dont nous devons féliciter nos collègues; ils ont compris qu'il faut aborder maintenant l'appareillage d'un *prix élevé*. Ce n'est pas un paradoxe. Pendant trop longtemps on s'est laissé aller à ne pas attribuer à l'appareillage l'importance qu'il a en réalité. Dans l'ensemble d'une installation, l'appareillage ne doit pas être considéré comme un accessoire, mais comme un organe principal. Ceci est vrai en particulier dans le cas des transmissions électriques où les appareils de mise en marche, de contrôle et de sécurité peuvent acquérir autant d'importance que les réceptrices qu'ils gouvernent. Combien d'insuccès et d'avaries sont nés d'une insuffisance de ces appareils?

» De même que, dans l'appareillage à vapeur, on trouve la robinetterie de prix élevé, mais de tout repos, et la robinetterie à bon marché, source d'accidents, il nous faut choisir dans l'appareillage électrique. Les praticiens n'hésiteront pas, et nous avons le devoir de propager sans relâche autour de nous cette manière de voir, qui est la vraie.

» Nous adresserons tous nos remerciements aux constructeurs qui ont bien voulu illustrer cette séance de leurs appareils : MM. Genteur, Mornat, Vedovelli et Zetter. Notre collègue M. Laffargue a bien voulu se dévouer à la partie matérielle de cette séance en se rendant auprès de nos collègues et les guidant dans le choix des appareils à exposer : nous lui en sommes très reconnaissants. »

La séance est levée à 10^h 20^m soir.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

20/10. — Dénomination des quantités afférentes aux courants alternatifs; *C. Feldmann*. — Contrôle de l'isolement; *M. Kallmann*. — La période propre d'une longue canalisation et la fréquence de ses décharges; *C. Steinmetz*.

27/10. — Essais des tôles; *W. Röhr*.

3/11. — Station de Nürnberg; *P. Scholtes*. — Prédétermination des diagrammes de moteur à champ tournant; *A. Rothert*. — Extraction électrolytique directe des métaux; *C. Hoepfner*. — Calcul des moteurs pour démarrage rapide; *C. Wilson*.

10/11. — Station de Nürnberg (*fin*); *P. Scholtes*. — Moteurs d'induction à vitesse variable; *F. Niethammer*. — Répartition de courants et énergie absorbée dans les inducts fermés; *G. Roessler*. — « Express system » pour bureaux centraux; *A. Kraatz*.

17/11. — Répartition (*fin*); *G. Roessler*. — Champ d'une machine bipolaire; *H. Hess*. — Capacité des lignes aériennes; *F. Breisig*.

24/11. — Freinage des moteurs d'induction au point de vue des tramways; *F. Eichberg*. — Théorie moderne du magnétisme; *H. Du Bois*. — Nouvelles recherches sur le magnétisme et les courants terrestres; *Weinstein*.

1/12. — Éclairage des chemins de fer de Vienne; *W. Koula*. — Causes des étincelles au collecteur des dynamos; *E. Dick*. — Nouvelle combinaison pour télégraphes de chemin de fer.

8/12. — Moteurs à champ tournant avec une seule phase dans l'armature; *H. Cahen*. — Évaluation graphique des dépenses des chemins de fer; *W. Mattersdorff*. — Réglage dans le système à trois fils pour courant continu; *C. del Proposto*. — Expériences de télégraphie optique; *K. Zickler*.

13/12. — Réseau pour courant alternatif; *H. Andriessen*. — Téléphonie et télégraphie par les mêmes fils; *O. Canter*. — Expériences sur les appareils Marconi; *K. Strecker*.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

13/10. — Fonctionnement des accumulateurs à l'Elevated de Chicago; *J. Cravath*. — Construction de la voie, ses défauts et les remèdes; *T. Gibbon*.

27/10. — Intensité du courant dans les coups de foudre; *A. Wurts*.

3/11. — Électrolyse de tuyaux de fonte à Dayton; *H. Brown*. — Troisième rail; *L. Mazham*.

10/11. — Développement et état actuel de la Télégraphie sous-marine; *H. Webb*.

17/11. — Oscillateurs à haute fréquence pour électrothérapie et autres buts; *N. Tesla*. — Installation de l'imprimerie Conkey; *G. Damon*.

24/11. — Nouvelle station de l'Electric Light Co. — Chemins de fer à contact superficiel; *E. Johnson*. — Transmission à haut voltage; *C. Scott*.

1/12. — Chemins de fer (*suite*); *E. Johnson*. — Transmission à haut voltage; *C. Scott*.

7/12. — Transmission à haut voltage (*suite*); *C. Scott*. — Chemins de fer (*suite*); *E. Johnson*.

14/12. — Transmission (*fin*); *C. Scott*.

Electrical World.

8/10. — Photométrie de l'arc alternatif; *C. Mathews*, *W. Thompson* et *J. Hibbish*. — Couplage des alternateurs; *E. Burch*.

29/10. — Décapage électrolytique; *C. Burgess*. — Équilibrage des tensions dans les dynamos avec circuits en parallèle.

5/11. — Voitures électriques; *J. Appleton*.

12/11. — Installation électrique d'un atelier d'imprimerie; *G. Damon*.

26/11. — Notes sur le calcul des dynamos; *C. Poole*.

3/12. — Avantages des stations centrales à courant alternatif; *E. Meston*. — Conductibilité de l'aluminium; *E. Northrup*.

10/12. — Effet du silicium sur la perméabilité du fer; *F. Cadwell*. — Électrolyse des conduites de fonte à Dayton; *H. Brown*.

Août-septembre. — Photométrie de l'arc enfermé; *C. Mathews*, *W. Thompson* et *J. Hibbish*. — Perturbations téléphoniques; *G. Shepardson*. — Distribution du flux dans l'entrefer et les noyaux; *W. Goldsborough*.

Octobre. — Carte électrique de Manhattan; *A. Knudson*. — Transmission à haut voltage; *C. Scott*.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Canalisations électriques. — Lignes aériennes industrielles; par *M. R.-V. Picou*. Paris, Gauthier-Villars et Masson, éditeurs, 1898. *Encyclopédie des Aide-Mémoire Léauté*. (Don de l'Auteur.)

Navigation en temps de brouillard. — Mémoire démontrant la possibilité de déterminer la position d'un bateau, en temps de brumes; par *M. ÉMILE LACOINE EFFENDI*. 1 broch. in-4°. Constantinople, Imprimerie française, 1899. (Don de l'Auteur.)

Les Dynamos à courant continu. — Fonctionnement, calcul et construction; par *M. J. FISCHER-HINNEN*. 1 vol. in-8° relié. Paris, J. Fritsch, éditeur, 1898. (Don de l'Auteur.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Discussion sur la Communication relative aux interrupteurs et coupe-circuits (suite de la)
(**M. Grosselin**), p. 37; (**M. Zetter**), p. 40; (**M. Korda**), p. 42; (**M. Brunswick**), p. 48.
Traction par accumulateurs (**M. Sarcia**), p. 49.
Etude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs (**M. Maurice Leblanc**), p. 54.
Amortissement de l'emprunt pour l'École supérieure d'Électricité, p. 34.
Avis relatif à un concours, p. 102.
PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 103.
OUVRAGES OFFERTS, p. 107.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE
du mercredi 1^{er} février 1899 (1).

PRÉSIDENCE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h 35^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société
(voir p. 107) et des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Adam (Georges), Ingénieur-électricien, 85, rue Dutot, à Paris. — Présenté par MM. Hospitalier et Carpentier.

Damoiseau (Jean-Baptiste-Gaston), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Compagnie Heilmann*, 2 bis, rue du Bac, à Asnières. — Présenté par MM. Mazen et J.-J. Heilmann.

Galliot (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 45, rue Saint-Philibert, à Dijon. — Présenté par MM. R.-V. Picou et Maurice Leblanc.

Guillaume (Jacques-R.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Élève à l'École supérieure d'Électricité, 12, rue Charlet, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Lacaze (Henri), Secrétaire général de la *Compagnie anonyme continentale des compteurs*, 9, rue Pétreille, à Paris. — Présenté par MM. Armengaud jeune et Brillié.

Limousin (Ch.-Georges), Ingénieur, Chef du matériel des *Usines Muller et C^{ie}*, 35, quai d'Ivry, à Ivry-Port. — Présenté par MM. Maquaire et Bonfante.

Limousin (Henri), de la *Maison L. Ravel, H. Limousin et C^{ie}* (fils et câbles électriques), 13, rue de Maubeuge; domicile : 34, avenue Daumesnil, à Paris. — Présenté par MM. Maquaire et Baechler.

Long (Édouard), Directeur des usines de la *Société française de l'Ambroïne*, 12, avenue de l'Asile, à Saint-Maurice. — Présenté par MM. Grosselin et Korda.

Ravel (Lucien), de la *Maison L. Ravel, H. Limousin et C^{ie}* (fils et câbles électriques), 13, rue de Maubeuge; domicile : 17, avenue de Villiers, à Paris. — Présenté par MM. Maquaire et Baechler.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés à M. G. ADAM pour le don qu'il a fait au Laboratoire central d'Électricité d'un spécimen industriel de fer à souder électrique.

M. le PRÉSIDENT informe les membres de la Société que le tirage au sort des 85 obligations dont le Comité d'administration a décidé l'amortissement sur l'exercice 1898 a été effectué le 1^{er} février, dans la matinée.

Les obligations appelées au remboursement à partir du 1^{er} avril prochain sont celles dont les numéros suivent :

3	125	255	358	453
7	144	258	359	460
17	148	260	377	485
31	177	267	387	487
35	180	273	393	498
51	181	275	395	502
61	183	284	401	517
63	184	297	402	525
67	187	302	409	534
75	189	306	411	536
77	206	311	419	545
95	214	314	421	552
97	215	336	433	570
108	224	338	437	582
114	233	346	438	587
115	235	350	444	590
118	251	354	448	598

M. le PRÉSIDENT. — « Beaucoup d'entre nous ont conservé un souvenir personnel de notre collègue Lucien Gaulard; tous nous avons présents dans la mémoire ses travaux et sa contribution indiscutable à la création du transformateur industriel.

» Lucien Gaulard est mort, voici dix ans déjà, dans une situation matérielle et morale des plus tristes. Ses modestes ressources dévorées par la maladie, sa famille s'est trouvée dans l'impossibilité de lui assurer un asile définitif et ses restes ont été inhumés dans une concession provisoire qui est à la veille d'expirer.

» Votre Président, mis au courant de cette situation, a pensé qu'il était du devoir des Électriciens français de recueillir cet héritage et d'élever à Lucien Gaulard un monument où son nom serait perpétué, et où ses cendres reposeraient éternellement.

» La Société internationale des Électriciens ne pouvait malheureusement pas intervenir officiellement : ses statuts ne le lui permettent pas; mais quelques-uns de ses membres, agissant individuellement, se sont réunis en Comité pour assurer cette œuvre. M. Eug. Sartiaux a bien voulu en accepter la présidence, et l'a exercée avec le dévouement et l'activité que nous lui connaissons. Des concours généreux, tels que ceux du Syndicat des Industries électriques, du Syndicat des usines d'Électricité, de la Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens, de la Société amicale des Ingénieurs

électriciens, de la Société des Ingénieurs civils, nous ont, dès l'abord, donné la certitude de réunir, en tous cas, la somme suffisante pour l'acquisition d'un terrain. De nombreuses souscriptions individuelles sont venues ensuite; mais, les Membres de la Société n'ayant pas été avisés directement jusqu'ici, j'ai cru devoir le faire ici, afin qu'aucun de ceux qui ont le désir de contribuer à cette œuvre n'en soit empêché par ignorance.

» De la somme totale recueillie dépendront l'importance et la nature du monument, auquel, tout en lui conservant les justes proportions, nous désirons donner le plus grand caractère de durabilité.

» Les souscriptions doivent être envoyées à M. Eug. Sartiaux, 48, rue de Dunkerque, à Paris. »

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**DISCUSSION SUR LA COMMUNICATION RELATIVE AUX INTERRUPTEURS
ET COUPE-CIRCUITS.**

(Suite.)

M. GROSSELIN. — « Au cours de la dernière séance, il a beaucoup été question de l'emploi de l'huile dans les interrupteurs et les appareils de coupe-circuits.

» On a reproché à l'huile l'inconvénient d'un entretien qui serait, paraît-il, assez onéreux; à quoi l'on a répondu que les deux Secteurs parisiens, qui distribuent du courant alternatif à haute tension, font un large emploi des interrupteurs et fusibles noyés dans l'huile, et paraissent en être très satisfaits.

» Je crois, en effet, que l'huile présente, pour les tensions élevées, une sécurité assez grande pour faire passer par-dessus les inconvénients secondaires que peut entraîner son emploi. Elle devient, d'ailleurs, absolument indispensable pour les très hautes tensions.

» Laissant de côté les interrupteurs, je présenterai seulement quelques observations relatives aux fusibles.

» Pour les tensions supérieures à 2000 volts, je crois qu'il est dangereux de compter sur la seule distance dans l'air pour éviter l'amorçage de l'arc.

» Il faut noter aussi que, avec les tensions élevées, l'arc qui se produit est toujours plus ou moins volumineux et peut arriver en contact avec les masses métalliques voisines.

» Notamment, dans les boîtes de coupure placées sur des canalisations souterraines, la place dont on dispose est des plus restreintes, et l'arc se trouve entouré de toutes parts de parois métalliques.

» De plus, ces appareils se trouvant placés sur la voie publique, les conséquences d'un contact seraient des plus graves.

» On est, par suite, amené à faire usage de dispositifs permettant d'étouffer l'arc sur une très faible longueur, et, parmi ces dispositifs, celui qui consiste à noyer le fusible dans l'huile sur toute sa longueur, me paraît un des plus sûrs.

» Il faut, toutefois, reconnaître qu'il présente un sérieux incon-

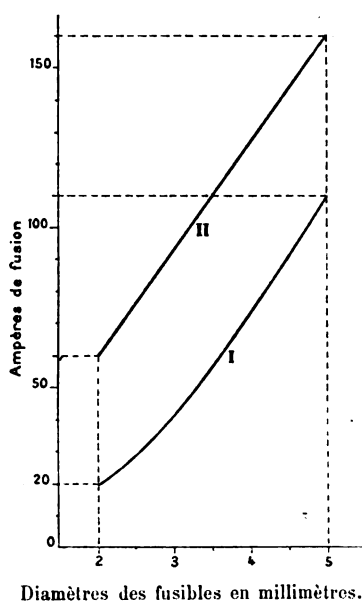
vénient. La fusion dans l'huile se produit, en effet, dans des conditions toutes différentes de celles où elle se produit à l'air libre, puisque le refroidissement du métal a lieu, non plus par rayonnement, mais par convection dans la masse isolante.

» J'ai cherché quelle pouvait être l'influence de ce changement de condition sur le nombre d'ampères déterminant la fusion.

» Je me suis servi pour cela de fusibles, d'une longueur de 15^{cm} environ, soudés à leurs deux extrémités dans des douilles de cuivre, réunies elles-mêmes par une gaine en ébonite.

» Cette gaine pouvait être remplie d'huile.

» En opérant d'abord sans huile dans la gaine, j'ai obtenu, pour des diamètres croissants de fusibles, une série de chiffres d'où j'ai déduit la courbe n° I figurée ici.



» Les abscisses sont proportionnelles aux diamètres des fusibles et les ordonnées représentent le nombre d'ampères déterminant la fusion.

» En opérant ensuite dans l'huile, j'ai obtenu la courbe n° II.

» Il est à remarquer que ces deux courbes sont presque parallèles, en sorte que la présence de l'huile semble augmenter d'une quantité presque constante le nombre d'ampères de fusion.

» Sans vouloir tirer, de ces expériences trop peu nombreuses, des conclusions trop précises, je me borne à vous faire observer que, pour les plombs d'un diamètre de 2^{mm} à 3^{mm}, la présence de l'huile paraît porter du simple au triple le point de fusion d'un fil.

» Il est probable que ces résultats seraient modifiés si l'on changeait les diverses conditions de l'expérience.

» Tels qu'ils sont, ils suffisent à prouver qu'il est indispensable de vérifier dans chaque cas particulier la modification que subit l'étalonnement du plomb du fait de son immersion dans l'huile.

» Mais, même cette vérification une fois faite, il ne faut attendre aucune précision d'un fusible placé dans de telles conditions.

» Ce n'est, en effet, qu'au bout d'un temps assez long, de trois à cinq minutes, qu'un plomb, entouré d'huile, finit par fondre à son régime limite de charge.

» Le phénomène que M. Laporte, dans une Communication qu'il a faite ici même, a appelé *l'inertie des fusibles*, est donc beaucoup plus marqué dans l'huile qu'à l'air libre.

» Cette constatation conduit à prendre des plombs d'une section réduite, afin de rester, en tous cas, au-dessous du régime dangereux.

» La conséquence de ce peu de précision oblige, en définitive, à ne se servir des fusibles immergés que pour prévenir les courts-circuits.

» Étant donné qu'un court-circuit n'est bien souvent que d'une centaine d'ampères, il faudrait, je crois, adopter comme règle de ne jamais placer de fusibles, du moins s'ils sont immergés dans l'huile, sur des plombs de plus de 50^{mm²} de section.

» Je crois, d'ailleurs, que, malgré leur précision plus grande, il serait sage de n'employer les fusibles à l'air libre eux-mêmes que pour la suppression des courts-circuits, et de les limiter aux faibles sections.

» Cela aurait d'ailleurs l'avantage de rapprocher le point d'interruption de la ligne du point où s'est produit le court-circuit, ce qui limite la partie du réseau, ou de l'installation, privée du courant.

» En terminant, je me permettrai de vous rappeler une règle particulière dans l'emploi des fusibles, règle qui trouve de moins en

moins d'applications, mais qui est d'une très grande importance.

» Vous savez que, dans une canalisation concentrique, le conducteur central ne doit jamais se trouver relié à l'alternateur, sans que le conducteur extérieur le soit de son côté.

» Or, si l'on plaçait un fusible sur ce dernier, on courrait toujours le risque de le voir fondre avant celui du conducteur central, soit par suite d'un défaut dans le métal, soit par suite de l'échauffement d'un contact.

» Le réseau se trouverait ainsi placé brusquement dans la disposition des connexions qui doit être évitée, et il en résulterait une élévation de tension anormale, pouvant détruire les isolants des câbles.

» La conclusion à en tirer est qu'il ne faut jamais mettre de fusible sur le conducteur central, autrement dit, que les fusibles de canalisations concentriques doivent toujours être unipolaires. »

M. ZETTER. — « Nous avons étudié, il y a quelque temps, la construction des fusibles de coupe-circuits à basse tension, pour de petites intensités très rapprochées les unes des autres et nous avons été amené à comparer entre eux les alliages de plomb et d'étain employés couramment sous forme de fils, et l'étain pur en lamelles.

» Les expériences ont été faites sur des fusibles de 12^{mm} de longueur, fixés sur une feuille de fibre et serrés aux extrémités par des attaches en cuivre (*fig. 1*) destinées à assurer les contacts.

Fig. 1.



» Les essais ont été à l'avantage de l'étain pur qui, pour une même section, fond avant l'alliage. De plus, l'étain a la propriété de

se rompre normalement à son point de fusion ; l'alliage de plomb, au contraire, avant de fondre, devient rouge sombre, rouge blanc, et à ce moment seulement se produit la rupture, accompagnée de projections du métal, ce qui n'a pas lieu avec l'étain.

» Nous avons encore observé que, les contacts étant bien assurés, les points de fusion de plusieurs lamelles d'étain de même section se produisaient exactement à la même intensité de courant, sous un voltage constant, tandis que nous observions quelques variations pour les points de fusion des alliages.

» J'ai groupé dans le Tableau suivant les principaux chiffres résultant de nos expériences sur l'étain pur :

Intensités		Dimension des lamelles d'étain.			Section	Intensités
protégées déterminant					en	passant
par	la fusion				millimètres	dans les
les	des lamelles				carrés.	lamelles d'étain
fusibles.	d'étain.	Longueur.	Largeur.	Épaisseur.		par
						millimètre
amp	amp	mm	mm			carré.
1	3,5	12	5	2/100	10/100	amp
2	7	12	5	3/100	15/100	10
3	9	12	5	5/100	25/100	13
4	12	12	5	6/100	30/100	12
5	17	12	5	9/100	45/100	13
7	22	12	5	12/100	60/100	11
8	25	12	5	15/100	75/100	11
10	30	12	5	21/100	105/100	10
15	45	12	5	36/100	180/100	10
20	60	12	5	50/100	250/100	9
						8

» Nous pouvons nous procurer industriellement des feuilles d'étain aux épaisseurs voulues, ce qui nous permet de construire couramment ces fusibles.

» La discussion portant aujourd'hui sur l'appareillage électrique, je profite de l'occasion qui se présente pour appeler l'attention sur le petit appareillage qui, pour répondre aux besoins journaliers, nécessite une construction de plus en plus soignée.

» J'estime qu'il y aurait certainement intérêt à examiner attentivement ce qui a été fait et ce qui reste à faire pour le petit appareillage, et si cette proposition était un jour suivie d'une communication, il serait possible de montrer par des chiffres l'énorme développement qu'a pris cette branche de l'industrie électrique. »

M. J. KORDA. — « Messieurs, au cours de cette discussion sur l'appareillage électrique, je me permets d'attirer quelques instants votre attention sur une question dont vous connaissez tous l'importance, celle des matières isolantes pour l'électricité. Je n'ai pas la prétention de traiter dans son ensemble un sujet si vaste : je me bornerai, après quelques aperçus généraux, à parler plus spécialement d'un nouvel isolant, qui a pourtant déjà fait ses preuves ; je veux parler de l'*ambroïne*.

» Il est aujourd'hui un fait que les progrès incessants de l'industrie électrique ont mis en évidence : c'est que, pour assurer le bon fonctionnement d'une installation, il faut pouvoir compter avec certitude sur l'isolant employé ; c'est un principe général, qu'il s'agisse de dynamos à haute tension ou de lignes de traction aériennes ou souterraines, ou enfin d'accumulateurs. Les exigences auxquelles doit satisfaire un bon isolant sont fort nombreuses et semblent s'exclure les unes les autres ; à première vue il semble même impossible qu'une même matière réunisse des qualités si diverses. Elle devrait :

- » 1° Avoir un pouvoir isolant considérable ;
- » 2° Une grande résistance mécanique à la traction, à la compression, au choc, etc. ;
- » 3° Résister à la chaleur ;
- » 4° Être inaltérable à l'air, ne pas absorber la moindre trace d'humidité ;
- » 5° Résister aux acides et à l'électrolyse.

Elle devrait, en outre, être parfaitement homogène et se mouler sans aucun retrait de volume.

Les qualités des diverses matières isolantes employées jusqu'à ce jour étaient contrebalancées par de graves défauts.

Les composés à base de caoutchouc comme l'ébonite, la vulcanite, etc., ont un pouvoir isolant considérable, mais ne résistent pas à des températures dépassant 70° à 80° C. et se décomposent sous l'influence de l'air humide. Le mica et la micanite supportent parfaitement la chaleur, mais leur prix est élevé et leur résistance mécanique insuffisante ; leur emploi n'est avantageux que dans le cas où l'on est très restreint par la place. La fibre vulcanisée est trop hygrométrique. Les isolants tels que le carton comprimé et lustré, le bois durci et paraffiné, l'amiante, le celluloid, ne sont que

d'une application restreinte; il en est de même des isolants à base de gomme laque qui sont trop fusibles. L'ardoise, le marbre sont utilisés comme socles d'appareils, ils sont cassants et absorbent l'humidité : la condensation qui se produit à leur surface peut diminuer ou même supprimer totalement leur pouvoir isolant. La porcelaine présente les mêmes inconvénients, en outre elle ne se prête pas à un moulage précis.

» L'ambroïne, dont j'ai l'honneur de vous présenter une série d'échantillons pour diverses applications électriques, possède sur les autres isolants l'avantage essentiel de pouvoir être fabriquée en plusieurs qualités, suivant l'emploi auquel on la destine. Elle est composée :

» 1° De copals fossiles qui ont séjourné, pendant des siècles, et peut-être pendant des milliers d'années, dans un sol humide ou dans l'eau de mer, et dans lesquels toute substance attaquable par les intempéries a été par conséquent éliminée ;

» 2° De silicates, surtout d'amiante et de mica.

» Quelques mots maintenant de la préparation de l'ambroïne : les copals sont d'abord dissous suivant des procédés brevetés, puis on les mélange avec de l'amiante pulvérisée préalablement soumise à un passage au trieur électro-magnétique, pour enlever toute parcelle métallique (fer, sel de fer, etc.) qui pourrait s'y trouver. On laisse ce mélange reposer pour que les silicates s'unissent bien intimement aux copals. On obtient ainsi une masse pâteuse qui est malaxée et, enfin, séchée dans des étuves à vide. On procède ensuite à un broyage de cette manière dans des moulins spéciaux et l'on obtient une poudre fine : c'est l'ambroïne prête à être moulée. Vous vous rendez facilement compte, Messieurs, de l'homogénéité que cette suite d'opérations assure au produit ainsi préparé.

» Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le dosage des matières entrant dans la composition de l'ambroïne varie suivant l'application prévue. On fabrique quatre qualités principales :

» 1° E, qualité électrique courante, résistant à 120° C;

» 2° C, qualité électrique pouvant résister à une température d'environ 300° C.;

» 3° Qualité AC résistant aux acides et à l'électrolyse;

» 4° Qualité AL résistant aux alcalis.

» On peut établir des qualités intermédiaires suivant le but auquel on les destine ; car je tiens à attirer votre attention sur ce fait, qu'il est essentiel de n'employer, pour telle application spéciale, que la qualité d'ambroïne prévue pour cet usage et dont la composition a été étudiée en conséquence.

L'ambroïne ainsi préparée est ensuite moulée dans des moules en acier ajustés et polis à la main. Avant de procéder au moulage proprement dit, on chauffe les moules dans une étuve pour que leur température soit sensiblement celle de l'ambroïne en pâte qu'ils vont recevoir. La pression varie, suivant la forme et le volume des objets, de 100^{kg} à 1000^{kg} par centimètre carré ; il est évident que l'on obtient ainsi un produit d'une homogénéité parfaite.

» Avant de vous montrer, avec détails, les nombreuses applications de l'ambroïne, au moyen de la collection que j'ai l'honneur de vous présenter, je voudrais encore vous dire quelques mots des propriétés physiques de l'ambroïne et des expériences qui ont été faites pour les contrôler.

» Le poids spécifique de l'ambroïne varie de 1,4 à 1,7, il n'est donc que très peu supérieur à celui du caoutchouc durci. La limite supérieure s'applique spécialement à la qualité C résistant aux hautes températures.

» L'ambroïne se laisse mouler avec une facilité extrême. La seule précaution à prendre pour obtenir des objets de fabrication irréprochable consiste à établir des moules en acier parfaitement construits. Les pièces ne subissent aucun retrait au moulage et c'est un avantage dont l'importance ne vous échappera pas ; avec le caoutchouc durci, au contraire, la vulcanisation produit dans la matière une contraction irrégulière. Il est donc impossible d'en calculer à l'avance les effets, et, pour des pièces dont les dimensions doivent être rigoureusement observées, on est obligé, après moulage, de procéder à un ajustage, qu'on évite pour l'ambroïne. On peut construire, sans avoir à les retoucher en quoi que ce soit, des objets composés de trois ou quatre parties devant s'emboîter les unes dans les autres et dont les pièces sont rigoureusement interchangeables. On obtient, de même, des pas de vis absolument réguliers.

» Les moules étant en acier poli, toutes les pièces présentent

au sortir du moule une surface parfaitement lisse et même polie.

» L'ambroïne se laisse couper, percer, limer, tourner; mais on livre autant que possible des pièces moulées, n'ayant plus à subir ensuite aucun travail et les moules sont construits en conséquence. Il est d'autant plus facile de livrer les pièces en l'état où elles doivent être mises en service, que l'on peut noyer dans la masse des pièces métalliques, telles que tiges filetées, goujons, contacts. C'est ainsi que l'on a pu fabriquer des pièces garnies de plus de quarante goujons logés dans de profondes encoches, et d'autres dans lesquelles une armature métallique élevait à plusieurs milliers de kilogrammes la résistance à la traction.

» Les essais qui ont été effectués sur les différentes qualités d'ambroïne, au point de vue de l'isolement et de la résistance, ont donné les résultats suivants :

» Une plaque de 0^{mm},34 d'épaisseur n'a pas été traversée par un courant d'une tension de 5000 volts. Une tige cylindrique de 1^{cm} de diamètre et 25^{mm} de longueur, après vingt-quatre heures d'immersion dans l'eau chaude, et encore humide, présentait une résistance électrique de 290 mégohms; après avoir été séchée, la valeur de sa résistance dépassait 1000 mégohms.

» L'ambroïne étant composée d'éléments inaltérables conserve entièrement ses pouvoirs isolants dans l'eau. Des essais d'imperméabilité ont été faits sur diverses substances et ont donné les résultats suivants :

» Après un séjour d'une heure et demie dans de l'eau portée à la température de 75°, l'augmentation de poids de chacun des échantillons a été la suivante :

	Pour 100.
Pour l'ambroïne	0,32
» le caoutchouc durci	1,41
» la matière à base de gomme laque.....	3,17
» le vulco-asbeste	8,50
» la fibre vulcanisée.....	21,50

» La résistance à la chaleur de l'ambroïne varie, à volonté, comme nous l'avons dit déjà, entre des limites très étendues.

» De nombreux essais nous permettent d'affirmer que la qualité spéciale C₂ est capable de résister normalement à une température

supérieure à 250°C. et pendant plusieurs secondes à l'action d'un arc électrique.

» En ce qui concerne la résistance mécanique de l'ambroïne les résultats ont été les suivants :

Résistance à la traction.	{ Ébonite	79 ^{kg} par centimètre carré.
	{ Ambroïne...	151 ^{kg} " "
Résistance à la compression des morceaux cubiques de mêmes dimensions.	{ Ébonite	{ 364 ^{kg} par centimètre carré : commence à se déformer.
	{ Ambroïne...	{ 497 ^{kg} par centimètre carré : il se produit une légère fente.

» Il y a lieu de faire observer que le cube d'ambroïne avait été découpé dans une plaque et qu'il aurait résisté à un plus grand effort s'il avait été moulé directement.

» La collection de pièces moulées exposée ici vous prouve, Messieurs, que l'ambroïne est susceptible d'applications très variées et permet d'obtenir des objets dont la complication ne nuit en aucune façon à la solidité. Permettez-moi d'insister plus spécialement sur quelques-uns d'entre eux qui me paraissent devoir vous intéresser plus que les autres.

» En premier lieu, je tiens à vous présenter un type de bacs d'accumulateurs. C'est là, pour les isolants, une application dont vous connaissez tous l'importance.

» Les éléments de deux batteries des tramways Madeleine-Puteaux sont pourvus de bacs semblables : après dix mois de service on n'a pu constater aucun des accidents si onéreux et si fréquents avec les bacs fabriqués en d'autres matières.

» La Compagnie des Chemins de fer du Nord a effectué, dans son laboratoire, les essais suivants :

» Un bac d'ambroïne a été rempli d'eau acidulée à 36° Baumé (acidité supérieure à celle de l'électrolyte en général); on y a immergé deux plaques entre lesquelles on a fait passer pendant quarante-huit heures un courant suffisant pour amener le liquide à l'ébullition; malgré la température d'environ 120° maintenue ainsi pendant quarante-huit heures et l'électrolyse considérable dans de telles conditions, ce bac n'a été nullement attaqué et aucune fuite ne s'est produite. Il se déposait seulement sur les parois une simple pellicule de sulfate de plomb se détachant au doigt.

» Une autre application très importante de l'ambroïne est celle du matériel spécial pour lignes d'alimentation de tramways, chemins de fer et de transport de force électrique. L'ambroïne, en effet, comme j'ai eu l'honneur de vous l'exposer tout à l'heure, est absolument insensible aux intempéries. Les résines fossiles vitrifiées à très hautes températures la recouvrent comme un émail et la rendent insensible à l'influence atmosphérique. *Les tendeurs à boules, boulons isolants pour supports de trolley, isolateurs Brooklyn, poulies et bobines pour colliers de poteaux, isolateurs de supports pour troisièmes rails*, dont je vous présente ici quelques spécimens et dont des milliers ont été utilisés depuis plus d'un an, ont donné des résultats tout à fait satisfaisants. Les boulons isolants sont régulièrement essayés à 18 000 volts, dans les laboratoires d'essai des usines de l'*ambroïne*, au moyen d'un transformateur permettant d'élever la tension à 24 000 volts, leur résistance à la traction pouvant varier à volonté, suivant l'armature adoptée, de 1500^{kg} à 3000^{kg}.

» Les commutateurs électromagnétiques pour tramways à contacts superficiels (systèmes Védovelli et Priestley) démontrent qu'il est possible de fabriquer en ambroïne des pièces très compliquées, pesant plus de 6^{kg}, percées de nombreuses alvéoles et garnies d'un grand nombre de pièces métalliques.

» Permettez-moi, en outre, de vous mentionner les boîtes et les plaques pare-étincelles et des rondelles perforées d'environ 100 trous; elles sont destinées à des coupleurs de tramways (système Schneider, au Creusot); elles sont en qualité très-dure, résistant aux hautes températures. Voici enfin des *bobines de transformateurs* pour hautes tensions, des *manettes d'interrupteurs*, *socles de coupe-circuits*, *plaques pour avances d'allumage* de moteurs à pétrole, etc.

» Cette énumération, dans laquelle j'ai essayé de vous faire comprendre les qualités de l'ambroïne, ne serait pas complète si pour terminer je n'ajoutais pas que le prix de ce nouvel isolant, pour objets moulés ordinaires, n'est pas supérieur à celui des matières employées jusqu'à ce jour dans un but analogue. Les électriciens peuvent donc facilement en faire l'application en remplacement du matériel dont l'étranger et surtout l'Amérique semblaient avoir le monopole.

» Vous m'excuserez, Messieurs, d'avoir retenu si longtemps

votre attention sur un sujet qui n'était pas, à proprement parler, à l'ordre du jour de la discussion de cette séance; mais la question des isolants a une importance telle que j'ai cru devoir vous signaler l'ambroïne, cette matière qui, depuis un an, a déjà donné tant de preuves de ses qualités et dont les électriciens sont en droit d'attendre beaucoup pour l'avenir. »

M. BRUNSWICK. — « Messieurs, il ressort des diverses observations présentées au sujet des coupe-circuits à lames fusibles que la sécurité qu'offrent ces appareils est très précaire; la fusion est incertaine, surtout pour les plombs de forte section. Les phénomènes qui interviennent se compliquent de tensions superficielles qui maintiennent le plomb liquide sous une couche d'oxyde, en sorte que les effets dangereux des courts-circuits ou plutôt des courants anormaux peuvent subsister pendant un temps notable.

» Outre l'incertitude du fonctionnement, les fusibles ont, selon nous, un inconvénient qui n'est pas négligeable : l'inflammation des matières avoisinantes. Bref, lorsque le fusible fonctionne, il faut encore compter avec les chances d'incendie.

» Il est donc à conseiller d'employer les coupe-circuits magnétiques, tels que les disjoncteurs, dans le plus grand nombre possible de cas, les appareils de cette classe offrant seuls, à notre avis, la protection désirable.

» A ce propos il peut être curieux de signaler que les beaux travaux de M. Ch.-Ed. Guillaume, sur les propriétés particulières des aciers au nickel, n'aient pas donné lieu à des recherches en vue d'approprier ces aciers spéciaux à la confection des coupe-circuits. On sait, en effet, d'après les travaux de M. Guillaume, que les aciers au nickel perdent leurs propriétés magnétiques, pour certaines teneurs en nickel, pour une température parfaitement déterminée. On se trouve donc ici en présence d'une loi d'un caractère précis et qui devrait permettre d'établir des appareils irréprochables comme coupe-circuits. Signaler cette question aux constructeurs d'appareillages, c'est probablement la résoudre. »

M. le PRÉSIDENT remercie les orateurs qui ont pris part à cette discussion.

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES A ACCUMULATEURS DE LA VILLE D'OSTENDE.

M. J. SARCIA. — « Je dois à l'obligeance de M. de Cuyper, directeur des lignes du littoral à Ostende, la connaissance des résultats qu'il a obtenus dans cette ville avec une petite ligne de tramways, marchant à traction électrique avec accumulateurs.

» Les lignes du littoral comportent un développement de 125^{km} et relient Ostende, d'une part à Blankenberghe, d'autre part à Nieuport, Furnes et Ypres. Elles font partie de ce réseau de chemins de fer vicinaux à vapeur qui rayonnent dans toute la Belgique et qui rendent à ce pays industriel de si grands services. La petite ligne à accumulateurs d'Ostende fait le tour de la ville et a un développement de 4^{km}.

» Rien n'a été négligé dans le premier établissement, tant pour la construction de l'usine de charge que pour le montage des voitures.

» L'usine est installée dans une partie du grand dépôt, route de Nieuport.

» Le moteur à vapeur est une machine semi-fixe de 60 chevaux à échappement libre. Elle entraîne par courroie une dynamo-shunt Westinghouse de 35 kilowatts. La salle de charge des batteries, très vaste, très claire, très aérée, comporte des bancs de chargement. Les batteries, logées sous les banquettes des voitures, sont retirées ou remises sur ces bancs avec la manutention la plus rapide et la plus économique possible.

» Le matériel roulant a été conçu par M. de Cuyper et construit sous la direction de son second, M. Kamp.

» Le truck a un écartement de 2^m,400 d'axe en axe entre les essieux et peut cependant passer sans difficultés dans les courbes de 20^m, qui existent à Ostende.

» Les boîtes à huile sont particulièrement soignées, et vous verrez, par la suite de ma Communication, les économies que l'on peut réaliser avec un matériel de construction *irréprochable*.

» A la mise en marche, les batteries d'accumulateurs ont été fournies par la Société pour le Travail électrique des métaux. On leur a adjoint depuis une batterie de l'Électricité de Bruxelles.

» Les moteurs et les contrôleurs ont été fournis par la Compagnie Westinghouse; ils sont du dernier type, avec inducteurs en tôles lamellées et carcasse en acier.

» Les tramways à accumulateurs ne fonctionnent à Ostende que pendant la saison. A la fin de la campagne 1897, M. de Cuyper a pu établir le prix de revient suivant :

SERVICE URBAIN PAR TRACTION ÉLECTRIQUE PAR ACCUMULATEURS A OSTENDE.

Prix de revient du kilomètre-voiture pendant l'année 1897.

Nomenclature.	1897.
Charbon.....	3,312
Huile et chiffons.....	0,920
Homme du tableau.....	2,153
Chauffeur-mécanicien (usine).....	1,748
Manutention et entretien des batteries.....	3,864
Conducteurs-électriciens.....	4,416
Entretien des batteries.....	»
Entretien des trucks et des moteurs.....	»
Total.....	16,413

» Les résultats obtenus étaient remarquables, mais ils ne portaient que sur une campagne, et M. de Cuyper a tenu à connaître ceux de 1898, avant de les communiquer.

» Le Tableau ci-contre donne les résultats détaillés de 1898.

» Ce prix de revient très détaillé fait ressortir le kilomètre-voiture à 0^{fr}, 1961. Si on voulait le comparer au prix du kilomètre-voiture traction, tel qu'il est établi d'habitude, il faudrait retrancher, d'une part, 0^{fr}, 038 payé aux percepteurs et 0^{fr}, 02 payé aux aiguilleurs et nettoyeurs de la voie; en tout 0^{fr}, 058. Il se réduirait donc à 0^{fr}, 1381.

» Dans ce prix de revient, ne figure pas le renouvellement des plaques des batteries d'accumulateurs; cela tient à ce que les plaques du début sont encore capables de faire un bon service.

» Cependant, M. de Cuyper va faire réempâter cet hiver, en vue de la saison prochaine, ses plaques positives. Quant aux plaques négatives, elles sont en aussi bon état que le jour où elles ont été mises en service.

SERVICE URBAIN PAR TRACTION ÉLECTRIQUE PAR ACCUMULATEURS A OSTENDE.

Saison d'été 1898.

Kilomètres parcourus : 27 363,498.

		Dépense totale. fr	Dépense par kilom. fr
Employés percepteurs.....		1044,00	0,0380
Préposé au tableau des charges.....	405,65	2550,40	0,0150
Chauffeur-mécanicien.....	339,30		0,0120
Entretien des moteurs.....	141,82		0,0050
Manutention et entretien journalier des batteries...	487,63		0,0180
Conducteurs des voitures.....	1176,00		0,0430
Aiguilleurs et nettoyeurs (voie).....		568,67	0,0200
Combustibles.	Briquettes. { Allumage : 4550 ^{kg} ...	81,00	0,0020
	{ Traction : 49850 ^{kg} ...	907,79	0,0340
	Fagots : 174.....	15,66	0,0005
Huiles et Graisses.	Colza : 207 ^{lit} à 0 ^{fr} ,56.....	115,92	0,0040
	Russe : 360 ^{lit} à 0 ^{fr} ,222 ..	79,92	0,0020
	Huile pour dynamo : 55 ^{lit} à 0 ^{fr} ,32.....	17,60	0,0006
	Graisse consistante : 10 ^{kg} à 0 ^{fr} ,50.....	5,00	0,0002
	Pétrole : 38 ^{lit} à 0 ^{fr} ,129.....	4,85	0,0002
Déchets de coton	blanc : 45 ^{kg} à 0 ^{fr} ,62.....	28,30	0,0010
	coloré : 45 ^{kg} à 0 ^{fr} ,43	19,35	0,0006
Total.....		5438,36	0,1961

» La batterie Julien, à la fin de la campagne de 1898, n'avait donné lieu à aucune réparation.

» M. de Cuyper attribue le prix très bas du kilomètre-voiture, à Ostende, à ce que, avec un matériel irréprochable, il faisait un entretien de tous les instants pour les batteries, les trucks et les moteurs; en un mot, en réparant de suite ce qui pouvait être défectueux. Il faut y ajouter sa grande expérience de tous les détails qui concernent l'exploitation.

» Quoi qu'il en soit, Ostende mérite d'être actuellement signalé comme un modèle, et, du reste, son installation a été imitée à Gand. Dans cette dernière ville, on vient d'inaugurer un nouveau réseau de tramways d'environ 40^{km} de voie, marchant avec 35 voitures à accumulateurs. Dans le montage de l'usine et du matériel roulant, on a suivi, dans les grandes lignes, ce qui a été fait à Ostende, et il

n'y a nul doute qu'on obtienne, à Gand, les mêmes résultats qu'à Ostende.

» La consommation d'énergie par kilomètre-voiture au Tableau a été en moyenne, pendant les deux campagnes, de 650 watts-heure. La consommation de charbon par kilomètre-voiture, y compris l'allumage, a été pratiquement de 2^{kg}. Par conséquent, la production du kilowatt-heure au tableau a pratiquement demandé 3^{kg} de charbon.

» Ce résultat est remarquable si l'on tient compte que la machine à vapeur de 60 chevaux marche à échappement libre et avec une production d'énergie très variable, car, à Ostende, on ne charge les batteries que successivement. Donc, au début de la charge, la machine à vapeur marche, pour ainsi dire, à plein collier, en travaillant à blanc à la fin de cette charge.

» En terminant, je voudrais vous donner les résultats des essais pratiques qui ont été faits sur les moteurs Westinghouse au point de vue du rendement. Vous les trouverez consignés dans les deux Tableaux suivants :

SERVICE URBAIN PAR TRACTION ÉLECTRIQUE PAR ACCUMULATEURS A OSTENDE.

Moteurs Westinghouse.

Points du parcours.	Débit moyen.	Voltage moyen.	Temps pour parcourir 1 ^{km} .	Observations.
	amp	volts	m s	
Point A (aller)....	69	200	2,17	Vent violent debout.
» B » . . .	68	200	2,10	Id.
» B (retour)...	47	202	1,40	Vent violent arrière.
» A » ...	46	202	1,39	Id.

» Du Tableau qui précède, on peut déduire le Tableau suivant :

Points du parcours.	Vitesse kilométrique à l'heure.	Puissance en watts.	Watts-heure au kilomètre-voiture sur la voiture.
	km		
Point A (aller).....	26,700	13800	524
» B »	27,700	13600	491
» B (retour).....	36	9194	263
» A »	36,400	9292	256
Moyenne.....		383,5	

Points du parcours.	Débit moyen.	Voltage moyen.	Temps pour parcourir 1 ^{km} .	Observations.
Point 1 (aller).....	58 ^{amp}	205 ^{volts}	117 ["]	Un bouclier placé à l'avant de la voiture pour pro- téger l'électricien a, pen- dant l'aller, provoqué une résistance anormale.
» 2 »	56,5	204	116	
» 3 »	55,5	204	114	
» 4 »	55	203	115	
» 4 (retour)	46	205	94	
» 3 »	45	205	92	
» 2 »	44,5	205	94	
» 1 »	44,5	204,5	92	

» Du Tableau qui précède, on peut déduire le Tableau suivant :

Points du parcours.	Vitesse kilométrique à l'heure.	Puissance en watts.	Watts-heure au kilomètre-voiture sur la voiture.
Point 1 (aller).....	30,600 ^{km}	11,890	388
» 2 »	31,000	11,526	371
» 3 »	31,320	11,322	361
» 4 »	31,320	11,165	356
» 4 (retour).....	38,160	9,430	247
» 3 »	39,240	9,225	235
» 2 »	38,160	9,123	239
» 1 »	39,240	9,100	232
Moyenne.....		303,6	

» On voit, d'après ces Tableaux, que le nombre de watts-heure consommés en moyenne, sur la voiture en palier, sur rails Vignole, est de 343,5. Ce chiffre seul montre combien les résistances passives de la voiture sont faibles et combien le rendement des moteurs est élevé.

» M. de Cuyper a bien voulu venir d'Ostende pour assister à notre séance et se mettre à la disposition de nos collègues s'ils ont des renseignements complémentaires à lui demander. Je laisse à la voix plus autorisée de notre Président le soin de le remercier. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Sarcia et M. de Cuyper, qui a bien voulu venir d'Ostende à Paris pour assister à cette séance.

La séance est levée à 10^h 5^m soir.

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS.

TROISIÈME PARTIE.

ÉTUDE SPÉCIALE DES PROPRIÉTÉS DES MACHINES D'INDUCTION

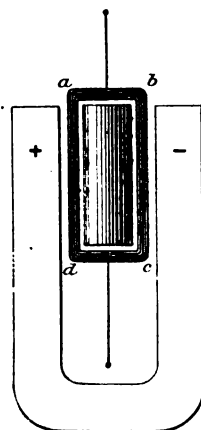
[suite] (1).

3° *Récupérateur électrique.*

» M. LEBLANC. — Nous désignerons ainsi l'appareil que nous allons décrire.

» Il se compose essentiellement d'un cadre galvanométrique *abcd* (*fig. 33*) suspendu au milieu d'un champ magnétique d'intensité

Fig. 33.



constante et susceptible d'osciller autour d'une position moyenne. Un galvanomètre Deprez-d'Arsonval le représente sous sa forme la plus élémentaire.

(1) Nous devons signaler une faute de calcul, à la page 514 de ce Mémoire, qui nous a conduit à une conclusion inexacte.

On doit avoir $2\pi(\beta_1 + \beta_2) + k \frac{4\Lambda L - 3\mu^2}{2\Lambda(\Lambda L - \mu^2)} > 0$ et non < 0 , et l'on a

$$k = -2\pi \frac{\beta_1 \beta_2}{\beta_1 + \beta_2} \frac{\Lambda(4\Lambda L - 3\mu^2)}{2\Lambda L - \mu^2}.$$

Si l'on pose toujours

$$f = 1 - \frac{\mu^2}{\Lambda L},$$

» Intercalons ce cadre dans un circuit parcouru par un courant alternatif. Nous allons voir qu'en général il sera le siège d'une force électromotrice de même phase que celle qui serait développée entre les bornes d'un condensateur mis à sa place. Il amènera donc, comme celui-ci, une diminution apparente du coefficient de self-induction du circuit où il aura été intercalé.

» Désignons par

μ le moment d'inertie du cadre;

θ l'angle que fait son plan médian avec un plan passant par l'axe de suspension du système, pris pour origine;

$k\theta$ la réaction élastique des fils de suspension;

$\frac{d\theta}{dt}$ la force d'amortissement due à la viscosité du milieu;

J l'intensité du champ supposé uniforme au milieu duquel peut osciller le cadre;

$i = a \sin 2\pi\alpha t$ l'intensité du courant lancé dans son circuit;

r la résistance du cadre;

l son coefficient de self-induction.

» Le cadre sera soumis, à chaque instant, aux effets d'un couple moteur M proportionnel à l'intensité de champ J et à l'intensité de courant i . Nous pourrions donc poser, en désignant par A une constante dépendant du mode de construction de l'appareil :

$$M = AJ a \sin 2\pi\alpha t.$$

» La loi du mouvement de ce cadre sera donnée par l'équation

$$(1) \quad \mu \frac{d^2\theta}{dt^2} + q \frac{d\theta}{dt} + k\theta = AJ a \sin 2\pi\alpha t.$$

la condition précédente peut se mettre sous la forme

$$\frac{(1-f)^2}{2f(1+f)} > \frac{(\beta_1 - \beta_2)^2}{\beta_1\beta_2}.$$

Il en résulte que les limites β_1 et β_2 , entre lesquelles on pourra faire varier la fréquence de glissement d'une machine d'induction munie de l'excitatrice spéciale qui a été décrite et fonctionnant comme génératrice, sans qu'elle cesse de pouvoir fournir des courants dévattés au réseau qui l'alimente, dépendront du coefficient de fuites de cette machine et seront d'autant plus rapprochées que ce coefficient sera plus considérable.

» Le voltage développé entre les extrémités du cadre sera dû, d'une part, à sa résistance et à son coefficient de self-induction; d'une autre, à son déplacement au milieu d'un champ. Nous pourrions écrire, en appelant E ce voltage et en désignant par B une seconde constante dépendant aussi du mode de construction de l'appareil,

$$E = ri + l \frac{di}{dt} + BJ \frac{d\theta}{dt}.$$

» Nous allons chercher l'expression du voltage E en fonction des quantités désignées ci-dessus.

» Nous ne considérons ici que les phénomènes ayant lieu à l'état de régime permanent. Il nous suffit donc de trouver une solution particulière de l'équation (1), ce que nous ferons au moyen d'une simple identification.

» Posons, en appelant θ_0 et φ deux constantes représentant : la première un angle, et la seconde une différence de phases,

$$(2) \quad \theta = \theta_0 \sin 2\pi(\alpha t - \varphi).$$

» Nous trouvons immédiatement que l'expression (2) est une solution de l'équation (1), si l'on fait

$$\theta_0 = \frac{AJ\alpha}{\sqrt{4\pi^2\alpha^2q^2 + (k - 4\pi^2\alpha^2\mu)^2}}, \quad \text{tang } 2\pi\varphi = \frac{2\pi\alpha q}{k - 4\pi^2\alpha^2\mu}.$$

» On a

$$\frac{d\theta}{dt} = 2\pi\alpha\theta_0 \cos 2\pi(\alpha t - \varphi),$$

d'où

$$E = \left[r + \frac{4\pi^2\alpha^2q}{4\pi^2\alpha^2q^2 + (k - 4\pi^2\alpha^2\mu)^2} \right] \alpha \sin 2\pi\alpha t \\ + 2\pi\alpha \left[l + \frac{(k - 4\pi^2\alpha^2\mu)}{4\pi^2\alpha^2q^2 + (k - 4\pi^2\alpha^2\mu)^2} \right] \alpha \cos 2\pi\alpha t.$$

» Ainsi le cadre se comportera comme un circuit ayant une résistance

$$\rho = r + \frac{4\pi^2\alpha^2q}{4\pi^2\alpha^2q^2 + (k - 4\pi^2\alpha^2\mu)^2}$$

et un coefficient de self-induction

$$\lambda = l + \frac{(k - 4\pi^2\alpha^2\mu)}{4\pi^2\alpha^2q^2 + (k - 4\pi^2\alpha^2\mu)^2}.$$

» Si l'on a $k > 4\pi^2\alpha^2\mu$, c'est-à-dire si la réaction élastique est plus grande que la force d'inertie, le cadre se comporte comme une bobine de self-induction.

» Mais nous pourrions toujours rendre nulle la réaction élastique des supports, en les constituant par de simples pivots. Nous aurons alors

$$\rho = r + \frac{(AB)J^2q}{q^2 + 4\pi^2\alpha^2\mu^2}, \quad \lambda = l - \frac{(AB)J^2\mu}{q^2 + 4\pi^2\alpha^2\mu^2}.$$

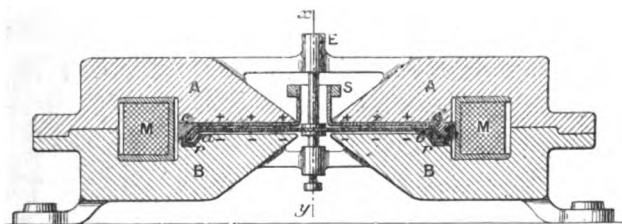
» En général, les forces d'amortissement seront petites par rapport aux forces d'inertie et nous pouvons négliger le terme q^2 devant le terme $4\pi^2\alpha^2\mu^2$. Nous pourrions donc écrire plus simplement

$$\rho = r + \frac{(AB)J^2q}{4\pi^2\alpha^2\mu^2}, \quad \lambda = l - \frac{(AB)J^2}{4\pi^2\alpha^2\mu}.$$

» Si la quantité λ devient négative, l'appareil se comporte comme un condensateur. Les formules ci-dessus montrent que ce résultat sera obtenu d'autant plus facilement que le cadre sera plus léger, qu'il oscillera dans un champ plus puissant et que l'on aura affaire à des courants de plus basse fréquence.

» Nous avons supposé, dans ce qui précède, que le cadre galvanométrique oscillait au milieu d'un champ uniforme. Il faut, pour cela, que ses branches verticales demeurent toujours situées au-dessous des épanouissements polaires des aimants ou électro-aimants qui engendrent le champ. Dans ces conditions, l'angle maximum, que pourront faire entre elles les positions extrêmes du cadre, sera inférieur à 180° . Nous pourrions permettre au système oscillant d'effectuer un nombre de tours quelconque autour de son axe, alternativement dans un sens et dans l'autre, en adoptant la disposition représentée sur la *fig. 34*.

Fig. 34.



» Autour d'un axe xy sont superposées deux pièces de révolution en acier AA et BB. Dans leur intérieur est ménagée une cavité où

on loge une bobine magnétisante MM. Celle-ci, excitée par un courant continu, détermine la production d'un champ au travers de l'entrefer séparant les pièces AA et BB, comme on le voit sur la *fig. 34*.

» Dans cet entrefer sont disposés :

» 1° Un disque de cuivre *ab* calé sur l'axe *xy* et mobile avec lui;

» 2° Un disque de cuivre *cd* appliqué contre la paroi inférieure de la pièce AA, mais isolé de cette dernière.

» Une rigole circulaire *rr*, isolée des masses, s'étend le long de la circonférence extérieure de la pièce BB; elle est remplie de mercure. Les rebords convenablement emboutis des disques *ab* et *cd* plongent dans cette rigole. On conçoit dès lors que si, par un procédé quelconque, on fait pénétrer un courant en E dans l'axe du système, il pourra suivre le disque mobile, passer dans le disque fixe grâce au contact de mercure et revenir au centre de l'appareil, où une prise de courant S permettra de le recueillir.

» Si ce courant est alternatif, le disque mobile prendra un mouvement oscillatoire autour de son axe et tout ce que nous avons dit précédemment peut être répété, mais l'amplitude des oscillations pourra être quelconque.

» Le coefficient de self-induction du circuit constitué par les disques sera très sensiblement nul, car le seul flux que pourra développer tout courant lancé dans ce circuit sera un flux annulaire se développant dans la portion très étroite de l'entrefer qui sépare les deux disques.

» On peut voir immédiatement qu'un semblable appareil sera très efficace si l'on fait traverser ses disques par des courants ayant une fréquence comprise entre 1 et 2, tels que ceux qui seront développés dans les circuits induits de nos génératrices.

» Supposons que la densité efficace du courant dans le disque mobile soit de 5 ampères par millimètre carré, que sa fréquence soit égale à 2 et que l'intensité du champ développé par la bobine MM soit égale à 5000.

» Chaque centimètre cube de cuivre sera soumis à une force F ayant pour expression

$$F = 25\sqrt{2} \cdot 10^3 \sin 2\pi(2)t \text{ dynes.}$$

La densité du cuivre étant 8,91, la vitesse maxima que pourra

atteindre ce centimètre cube du cuivre, si rien ne le gêne dans son mouvement, sera égale à $\frac{25\sqrt{2} \cdot 10^4}{2\pi \times (2) \times 8,91} = 3150^{\text{cm}}$.

» Soit une vitesse de 31^m,50 par seconde.

» Cela suffit pour montrer que le disque mobile de l'appareil représenté sur la *fig.* 32 pourra prendre une vitesse moyenne très grande. Il pourra donc produire les forces électromotrices de faible fréquence qu'on lui demande, en utilisant bien les matériaux employés dans sa construction. Il conviendra de le faire traverser par des courants de très forte intensité : pour cela, il faudra constituer avec des barres les circuits induits des génératrices, ce qui ne présentera aucun inconvénient.

» La disposition que nous venons de décrire n'est donnée qu'à titre d'exemple. On pourrait lui objecter l'emploi du mercure qui se salit toujours rapidement et les frottements auxquels il donnerait naissance. Il serait facile de remplacer la rigole de mercure par des frotteurs métalliques.

» D'autre part une dynamo quelconque à courant continu, dont les balais seraient disposés pour qu'elle pût tourner aussi bien dans un sens que dans l'autre, pourrait rendre les mêmes services. Il conviendrait d'employer une dynamo à armature légère comme celles du type Desrozières.

» La vitesse moyenne du mouvement de rotation de ces machines étant toujours considérable, elles utiliseraient bien leurs matériaux, et le travail apparent qu'elles auraient à fournir étant petit, à cause de la petitesse de la différence $(\alpha - n\omega)$, leurs dimensions seraient très réduites par rapport à celle de la génératrice qu'elles devraient accompagner.

» *Observation.* — L'appareil que nous venons de décrire a, comme un condensateur, une action différente suivant qu'il est parcouru par des courants d'une fréquence ou d'une autre.

» Nous savons que les courants alternatifs, engendrés dans les circuits induits d'une machine d'induction à courants alternatifs simples, ont des intensités J et J'

$$J = J_1 \sin 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] - J_2 \sin 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi],$$

$$J' = -J_1 \cos 2\pi[(\alpha - n\omega)t - \varphi] - J_2 \cos 2\pi[(\alpha + n\omega)t - \psi].$$

» Ces circuits sont donc parcourus simultanément par des cou-

rants de fréquence $(\alpha - n\omega)$ et $(\alpha + n\omega)$. Il en résulte que, s'ils sont fermés sur des récupérateurs électriques, il convient d'attribuer à leur coefficient de self-induction deux valeurs différentes Λ_1 et Λ_2 , suivant que l'on considère les effets produits par le passage des courants de fréquence $(\alpha - n\omega)$ ou $(\alpha + n\omega)$.

» L'expression de la quantité de travail fournie par la machine devient

$$\mathcal{E}_1 = \frac{\pi}{2} (n\omega) \mu^2 \rho \Lambda^2 \left[\frac{2\pi(\alpha - n\omega)}{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2 \Lambda_1^2} - \frac{2\pi(\alpha + n\omega)}{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha + n\omega)^2 \Lambda_2^2} \right].$$

» Son examen nous montre que, s'il y a tout intérêt à réduire le terme Λ_1 , il n'y en a aucun à réduire le terme Λ_2 .

» Quant à la quantité que nous avons appelée Q et dont l'expression est devenue

$$Q = 2\pi\alpha \left\{ L - \frac{4\pi^2(\alpha - n\omega)^2 \Lambda_1 \mu^2}{2[\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2 \Lambda_1^2]} - \frac{4\pi^2(\alpha + n\omega)^2 \Lambda_2 \mu^2}{2[\rho^2 + 4\pi^2(\alpha + n\omega)^2 \Lambda_2^2]} \right\},$$

il suffit de pouvoir disposer du terme Λ_1 , pour la rendre négative.

» Or nous pouvons réduire autant que nous le voulons le terme Λ_1 , sans diminuer d'une manière appréciable le terme Λ_2 , en fermant les circuits induits de notre génératrice sur des récupérateurs électriques. En effet, si la vitesse de leurs mouvements déterminés par le passage d'un courant de fréquence $(\alpha - n\omega)$ est grande, celle des mouvements déterminés par le passage d'un courant de fréquence $(\alpha + n\omega)$ sera pratiquement nulle. Ils ne pourront donc être le siège d'autres forces électromotrices de fréquence $(\alpha + n\omega)$ que celles dues à leur résistance ohmique ou à leur self-induction.

» Le coefficient de self-induction de l'armature de l'appareil représentée sur la *fig.* 34 peut être considéré comme nul. Si on lui substituait une dynamo quelconque à courant continu, on obtiendrait le même résultat en disposant des circuits amortisseurs dans les épanouissements polaires de ses inducteurs. Ceux-ci s'opposeraient, en effet, à la production de tout flux variable dans la région de l'espace où se déplacerait l'armature de la machine.

» Il sera inutile, dans ces conditions, de munir la machine d'induction de circuits induits spéciaux fermés sur eux-mêmes, comme il conviendrait de le faire si l'on se servait de l'excitatrice précédemment décrite.

4^o Conclusion.

» Nous possédons désormais deux systèmes donnant la solution du problème de la production de courants alternatifs au moyen de machines d'induction et ne comportant que l'emploi d'appareils semblables à des machines à courant continu, dont les dimensions, par rapport aux génératrices qu'ils accompagneront, seront du même ordre de grandeur que celui de l'excitatrice à courant continu qui devrait accompagner un alternateur ordinaire de même puissance.

» Les récupérateurs électriques présentent cet avantage qu'ils ne comportent aucune commande mécanique. Il est vrai qu'il faut les exciter avec un courant continu, mais cela ne présentera aucun inconvénient dans une usine électrique. Nous verrons plus loin que l'on aura au contraire avantage à se servir de l'excitatrice spéciale, lorsque la machine d'induction sera employée comme réceptrice et non plus comme génératrice.

» D'après ce qui précède, les machines asynchrones employées comme génératrices doivent toujours être associées à un alternateur qui imposera la fréquence et le voltage ou l'intensité du courant fourni au réseau. Ce serait une sujétion que d'avoir à employer, dans une usine, des machines de types différents. Mais, comme nous l'avons vu dans la première partie de cette étude, notre alternateur à voltage constant était construit comme une machine asynchrone.

» Il est donc possible de n'avoir que des génératrices semblables et d'avoir seulement une excitatrice spéciale qui permettra de transformer à volonté l'une d'elles en alternateur à voltage constant ou à intensité constante.

» Le mode de conduite d'une semblable installation sera des plus simples. Il reposera sur le principe suivant :

» Les machines d'induction accouplées en parallèle ou en série avec un alternateur à voltage constant ou à intensité constante travailleront toujours à pleine charge, ces machines étant mises en service au fur et à mesure des besoins de la consommation. Seule la charge de l'alternateur pourra varier, suivant les cas, entre 0 et son maximum.

» Les machines d'induction travaillant toujours dans les mêmes

conditions, on n'aura aucun réglage à faire subir à leurs excitatrices ou aux récupérateurs électriques dont elles seront munies. Mais il faut pour cela que leur vitesse de rotation soit supérieure d'une quantité déterminée à celle de l'alternateur, de manière que la différence $(n\omega - \alpha)$ demeure constante quand bien même la fréquence α subirait des variations de l'ordre de grandeur de cette différence.

» Ce résultat sera naturellement obtenu de la manière suivante :

» 1° La valeur β de la fréquence $(n\omega - \alpha)$, correspondant à la charge maxima des machines d'induction, sera choisie de telle manière que le couple résistant développé sur leur axe, qui est nul pour $n\omega - \alpha = 0$, continue à croître si la fréquence $(n\omega - \alpha)$ devient supérieure à la fréquence β .

» 2° L'admission maxima, dans la machine à vapeur qui conduira la machine d'induction, correspondra au développement d'un couple moteur égal au couple résistant de la machine d'induction lorsqu'elle est en pleine charge.

» Si le moteur est une turbine, tous ses orifices devront être ouverts lorsque la machine d'induction aura pris sa pleine charge.

» 3° Si le régulateur de vitesse du moteur de l'alternateur est réglé pour une vitesse ω , les régulateurs des moteurs des machines d'induction recevront une surcharge telle, qu'ils n'entrent en action que lorsque ces moteurs auront pris une vitesse ω' supérieure à ω et telle que la différence $\omega - \omega'$ soit plus grande que la quantité $\frac{\beta}{n}$.

» Dès lors, si nous venons à accoupler une machine d'induction avec un alternateur, sa vitesse de rotation ira en augmentant graduellement sous l'influence de son moteur et dépassera celle de l'alternateur. A partir de ce moment, sa charge ira en croissant avec sa vitesse. L'équilibre dynamique sera égale à celle de l'alternateur établi lorsque la vitesse de rotation de la machine d'induction sera augmentée de $\frac{\beta}{n}$, et cet équilibre sera stable.

» En effet, si la machine d'induction venait à s'accélérer, le couple résistant développé sur son axe deviendrait supérieur au couple moteur et réciproquement.

» C'est cette seule condition d'égalité entre les couples moteur et résistant qui déterminera la vitesse de la machine d'induction. Le régulateur de son moteur n'interviendra plus dans le phénomène et ne servira que d'appareil de sécurité.

» Les machines d'induction ainsi conduites ou, pour mieux dire, ainsi abandonnées à elles-mêmes, prendront toujours leur pleine charge, tandis que le régulateur du moteur de l'alternateur réglera à chaque instant la grandeur du couple développé sur son axe, de manière qu'il n'ait à fournir que la différence entre l'énergie électrique demandée par le réseau et celle fournie par les machines d'induction.

» Pour mettre en service une machine d'induction, on n'aura qu'à la brancher sur le réseau par l'intermédiaire d'un rhéostat ou d'une bobine de self-induction à noyau mobile, après l'avoir mise en vitesse, sans avoir à se préoccuper d'aucune condition de synchronisme et comme s'il s'agissait d'une machine à courant continu.

» Si le $\cos\varphi$ du réseau demeure constant, malgré les variations de la consommation, on n'aura aucun réglage à faire et il suffira de mettre en service successivement les machines d'induction chaque fois que l'alternateur aura pris sa pleine charge ou de les en retirer successivement chaque fois que sa charge sera redevenue nulle.

» Si le $\cos\varphi$ du réseau varie avec les heures de la journée, il conviendra de régler en conséquence l'excitation des machines d'induction, de manière à faire varier l'intensité du courant déwatté qu'elles fournissent. Si elles sont munies de l'excitatrice spéciale précédemment décrite, on pourra opérer le réglage nécessaire en introduisant dans chacun de ses deux circuits une bobine de self-induction à noyau mobile. Si elles sont munies de récupérateurs électriques, il suffira de faire varier l'intensité du courant d'excitation de ces appareils.

» Les variations du $\cos\varphi$ normal d'un réseau étant toujours très lentes, ce réglage n'entraînera aucune sujétion.

» Quant aux variations brusques et momentanées du $\cos\varphi$ du réseau dues, par exemple, à la mise en route d'un grand moteur à champ tournant et à cage d'écureuil, elles n'auront aucun effet si la

machine génératrice faisant fonction d'alternateur est plus puissante que le plus grand moteur installé sur le réseau, car elle fournira instantanément le supplément de courants dévattés demandés.

VI.

EXTENSION DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS AU CAS DES MACHINES A COURANTS POLYPHASÉS.

» Ce qui caractérise les machines à courants alternatifs simples, c'est qu'elles tendent à être le siège de deux flux tournant, par rapport à l'induit, en sens inverse l'un de l'autre, l'un avec la vitesse $(\alpha - n\omega)$, l'autre avec la vitesse $(\alpha + n\omega)$. Ce dernier peut être considéré comme un champ parasite au développement duquel on doit s'opposer par tous les moyens possibles.

» Ce champ parasite ne tend plus à se produire dans les machines à courants polyphasés et les quantités que nous avons désignées plus haut par les lettres P et Q prennent alors les formes plus simples

$$P = R + 4\pi^2\alpha(\alpha - n\omega) \frac{\mu^2\rho}{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda^2},$$

$$Q = 2\pi\alpha \left[L - \frac{4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda\mu^2}{\rho^2 + 4\pi^2(\alpha - n\omega)^2\Lambda^2} \right].$$

» Il est possible alors de répéter tout ce que nous avons dit au sujet des machines à courants alternatifs simples, mais sans avoir à se préoccuper des dispositions spéciales auxquelles nous avons dû avoir recours, dans certains cas, pour nous opposer à la production du champ parasite.

VII.

OBSERVATIONS.

» 1° Il est toujours possible de rendre négative la quantité Q, quelle que soit la différence $(\Lambda - \frac{\mu^2}{L})$, c'est-à-dire quelles que soient les fuites magnétiques de la machine génératrice. Il n'est donc pas nécessaire de réduire au minimum leurs entrefers, comme on s'évertue à le faire dans les moteurs à champ tournant.

» Cette faculté sera très précieuse lorsqu'il s'agira de construire des machines de grandes dimensions.

» 2° Tout ce que nous avons dit étant indépendant des grandeurs relatives des coefficients d'induction Λ et $\frac{\mu^2}{L}$, rien n'empêche de disposer des enroulements des circuits inducteurs et induits de manière que ces coefficients d'induction soient égaux, ce qui conduit à la meilleure utilisation des matériaux.

» 3° Nous avons supposé, à titre d'exemple, que les circuits induits de la génératrice seraient seulement au nombre de deux, mais qu'ils recevraient un enroulement sinusoïdal.

» Si l'on n'adoptait pas l'enroulement sinusoïdal, le flux développé dans la génératrice par l'envoi dans ses deux circuits induits de courants d'intensités $i_1 = a \sin 2\pi(\alpha - n\omega)t$ et $i_2 = a \cos 2\pi(\alpha - n\omega)t$ n'aurait plus une grandeur constante et il pourrait y avoir production de battements dans l'intensité des courants fournis par cette machine. Il conviendrait de multiplier beaucoup le nombre des circuits induits, mais il faudrait multiplier en même temps le nombre des appareils spéciaux destinés à diminuer artificiellement leur coefficient de self-induction, ce qui serait un grave inconvénient.

» Il y a donc lieu d'adopter définitivement cet enroulement sinusoïdal dont l'exécution ne présente d'ailleurs aucune difficulté.

QUATRIÈME PARTIE.

EXCITATION DES MOTEURS ASYNCHRONES.

» Il y aurait le plus grand intérêt : 1° à pouvoir donner un entrefer quelconque à un moteur asynchrone sans réduire la grandeur du couple maximum qu'il peut développer sur son axe pour un voltage donné; 2° à ce que le $\cos \varphi$ de ces appareils pût être aussi voisin de 1 qu'on le voudrait.

» Pour cela, il faut et il suffit que la quantité que nous avons appelée Q soit rendue nulle ou négative alors que la quantité P est devenue positive.

» La quantité P devient d'elle-même positive lorsque la machine est employée comme moteur. Pour rendre la quantité Q négative il convient encore de diminuer artificiellement le coefficient Λ , ce à quoi on pourra arriver en employant l'un quelconque des procédés ci-dessus.

» Nous l'avons vérifié en fermant sur des bacs électrolytiques les circuits induits d'un moteur triphasé de la puissance de 120 chevaux, à basse tension.

» Lorsque les circuits induits étaient fermés sur eux-mêmes, le moteur étant en pleine charge, le courant efficace dans chacune des trois branches était de 1100 ampères. Cette intensité tombait à 800 ampères, toujours à pleine charge, lorsqu'on introduisait les bacs, et le $\cos \varphi$ du moteur était alors égal à 1.

» En pratique, il nous paraît préférable d'employer dans ce cas la machine dite *excitatrice spéciale*, en la faisant mettre en mouvement par la réceptrice elle-même, par exemple en la montant sur son axe. Comme, le plus rarement, on ne disposera pas de courant continu sur le lieu d'emploi d'un moteur, on ne pourrait se servir de récupérateurs électriques sans une installation supplémentaire.

» Le $\cos \varphi$ du moteur, muni de cette excitatrice que nous supposons abandonnée à elle-même et dépourvue de tout appareil de réglage, variera avec sa charge. Mais si l'on détermine l'excitatrice de manière que ce $\cos \varphi$ soit égal à 1, lorsque le moteur a sa charge moyenne, comme une fonction varie toujours très lentement de part et d'autre de son maximum, il conservera, dans tous les cas, une valeur très voisine de 1.

» D'autre part, un même réseau desservira généralement un grand nombre de moteurs travaillant sous des degrés de charge différents; ceux qui auront une charge inférieure à la charge moyenne absorberont des courants dévattés, ceux qui auront une charge supérieure en fourniront. La station génératrice n'aura donc à fournir que la différence qui sera naturellement très petite.

CINQUIÈME PARTIE.

TRANSFORMATEURS REDRESSEURS.

I.

CARACTÈRES PRINCIPAUX DE CES APPAREILS.

» Nous appellerons *transformateur-redresseur* un appareil composé d'un transformateur dont les circuits primaires seront parcourus par des courants alternatifs simples ou polyphasés, d'intensités constantes ou débités sous un voltage constant. Les extrémités de ces circuits secondaires seront reliées aux touches d'un commutateur. Des balais mus par un moteur synchrone, tournant autour du commutateur, devront permettre de recueillir un courant continu dont le voltage ne devra pas subir plus de variations que si le courant était fourni par une machine à courant continu ordinaire. Autrement dit, le courant obtenu de cette manière devra pouvoir servir à charger des accumulateurs.

» Nous aurons à considérer trois cas principaux, suivant que l'énergie sera transportée par :

- » 1° Un courant alternatif simple d'intensité constante;
- » 2° Un courant alternatif simple sous voltage constant;
- » 3° Des courants alternatifs polyphasés débités sous voltage constant.

II.

TRANSFORMATEUR-REDRESSEUR POUR COURANT ALTERNATIF SIMPLE D'INTENSITÉ CONSTANTE.

» Un anneau alternatif simple, d'intensité $I = a \sin 2\pi\alpha t$, ne peut débiter qu'une quantité d'énergie variable avec le temps, telle que $E = E_0 \sin^2 \pi\alpha t$. Au contraire, le débit d'énergie d'un courant continu de voltage également continu est lui-même parfaitement continu. Il faut donc, de toute nécessité, que l'appareil comporte un réservoir momentané d'énergie faisant l'office de volant.

» Dans le cas actuel, nous supposerons ce réservoir constitué soit par une bobine de self-induction L intercalée dans le circuit

du courant continu, comme il est représenté sur la *fig. 35*, soit, de préférence, par un transformateur dont le circuit primaire serait

Fig. 35.

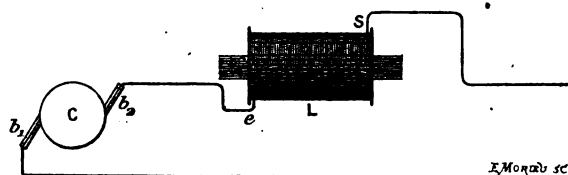
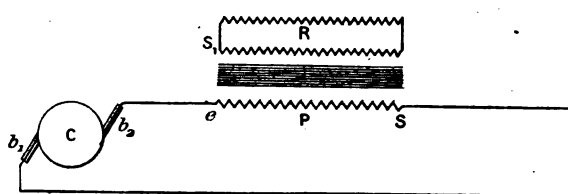


Fig. 36.



aussi intercalé dans le circuit du courant continu et le circuit secondaire fermé sur une forte résistance R (*fig. 36*).

» Supposons, en effet, que nous soyons parvenus à faire débiter par le transformateur-redresseur proprement dit un courant d'intensité constante : la force électromotrice développée entre les balais b_1 , b_2 du commutateur C sera nécessairement de la forme

$$E = E_0 \sin^2 2\pi\alpha t.$$

» On a identiquement

$$E_0 \sin^2 2\pi\alpha t = \frac{E_0}{2} (1 - \cos 4\pi\alpha t).$$

» Nous pouvons donc considérer la force électromotrice ainsi développée comme la superposition d'une force électromotrice continue et d'une force électromotrice alternative. Celles-ci tendront à produire simultanément un courant continu et un courant alternatif de fréquence 2α . La bobine de self-induction n'opposera aucun obstacle au passage du courant continu mais s'opposera à celui du courant alternatif, si bien que le voltage pris entre la sortie S de cette bobine et le balai b_1 sera aussi continu.

» De même, le circuit primaire du transformateur employé comme

il vient d'être dit laissera passer librement le courant continu, mais opposera une grande résistance au passage du courant alternatif.

» Cela posé, nous n'avons plus à demander à notre transformateur-redresseur que de fournir un courant d'intensité constante.

» Supposons le problème résolu. Nous savons que dans un transformateur bien construit, dont les noyaux magnétiques ont une grande perméabilité, la somme algébrique des nombres d'ampères-tours développés par ses circuits primaire et secondaire est sensiblement nulle.

» Si le nombre de spires ν du circuit primaire est constant et si ce circuit est parcouru par un courant d'intensité $I = a \sin 2\pi\alpha t$, le nombre d'ampères-tours développés par le circuit primaire est égal à

$$\nu I = \nu a \sin 2\pi\alpha t.$$

» Si le circuit secondaire est parcouru par un courant d'intensité constante Λ , et si l'on désigne par n le nombre des spires de ce circuit, on devra avoir

$$\nu a \sin 2\pi\alpha t + n\Lambda \doteq 0.$$

» Ce nombre de spires n doit donc varier en fonction du temps, suivant une fonction sinusoïdale de même période que l'intensité du courant primaire.

» Nous arriverons à ce résultat de la manière suivante :

» Soit xy un noyau magnétique (*fig. 37*) autour duquel sont enroulés :

» 1° Un circuit primaire P de n spires;

» 2° k circuits secondaires tels que $S_1, S_2, S_3, \dots, S_k$ ($k = 6$ sur la figure) ayant des nombres de spires $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$ tels que l'on ait, en désignant par N une constante représentant un nombre de spires et en supposant $k = 6$ (le nombre k devant toujours être un nombre pair),

$$n_1 = n_3 = N \sin \frac{\pi}{6},$$

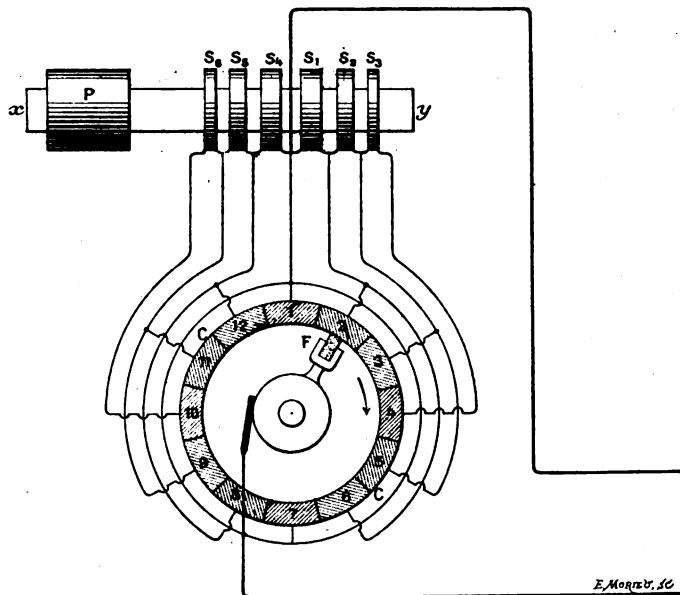
$$n_2 = n_5 = N \left(\sin \frac{3\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right),$$

$$n_4 = n_6 = N \left(\sin \frac{3\pi}{6} - \sin \frac{2\pi}{6} \right).$$

» On a supposé, sur la figure, pour faciliter son intelligence, que les divers circuits entourant le noyau xy étaient juxtaposés : il est bien entendu qu'ils devront toujours être superposés.

» Les k circuits secondaires sont reliés entre eux et avec les $2k$ touches d'un collecteur CC, comme on le voit sur la *fig. 37*.

Fig. 37.



Autour de ce collecteur peut se mouvoir un balai F qui communique avec une bague sur laquelle s'appuie un frotteur fixe f . Le circuit extérieur de l'appareil XY , où l'on veut développer un courant continu, est branché entre le frotteur f et le point de jonction des circuits secondaires S_4 et S_1 .

» Le nombre de spires enroulées autour du noyau xy qui feront partie du circuit XY variera lorsque le balai F tournera autour du collecteur, comme l'indique le Tableau ci-contre.

» Dans ce Tableau, nous avons affecté les nombres de spires des circuits S_1 , S_2 , S_3 du signe $+$, et ceux des circuits S_4 , S_5 , S_6 du signe $-$, parce qu'un même courant lancé dans le circuit XY traversera les premiers dans un sens, et les seconds en sens inverse.

» Une même variation de flux dans le noyau xy développerait donc dans le circuit XY des forces électromotrices égales, mais de signes contraires suivant que ce circuit comprendrait le circuit S_1 , ou S_4 , le circuit S_2 ou le circuit S_3 , ...

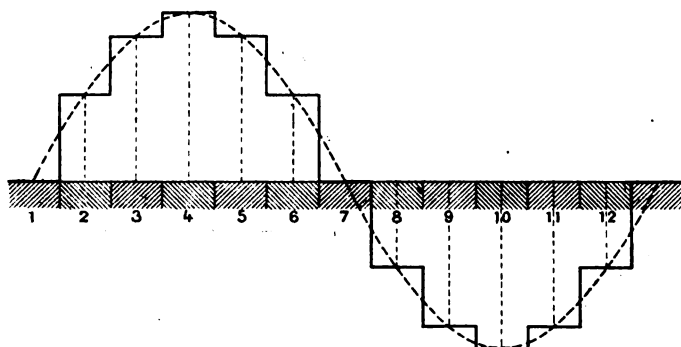
Numéro de la touche du collecteur sur laquelle s'appuie le balai.	Circuits secondaires intercalés dans le circuit XY.	Nombre de spires autour du noyau xy compris dans le circuit XY.	
1....	0	0	$= N \sin 0$
2....	S_1	$N \sin \frac{\pi}{6}$	$= N \sin \frac{\pi}{6}$
3....	$S_1 + S_2$	$N \sin \frac{\pi}{6} + N \left(\sin \frac{2\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right)$	$= N \sin \frac{2\pi}{6}$
4....	$S_1 + S_2 + S_3$	$N \sin \frac{\pi}{6} + N \left(\sin \frac{2\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right) + N \left(\sin \frac{3\pi}{6} - \sin \frac{2\pi}{6} \right)$	$= N \sin \frac{3\pi}{6}$
5....	$S_1 + S_2$	$N \sin \frac{\pi}{6} + N \left(\sin \frac{2\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right)$	$= N \sin \frac{4\pi}{6}$
6....	S_1	$N \sin \frac{\pi}{6}$	$= N \sin \frac{5\pi}{6}$
7....	0	0	$= N \sin \frac{6\pi}{6}$
8....	$-S_4$	$-N \sin \frac{\pi}{6}$	$= N \sin \frac{7\pi}{6}$
9....	$-(S_4 + S_3)$	$-N \sin \frac{\pi}{6} - N \left(\sin \frac{2\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right)$	$= N \sin \frac{8\pi}{6}$
10....	$-(S_4 + S_3 + S_2)$	$-N \sin \frac{\pi}{6} - N \left(\sin \frac{2\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right) - N \left(\sin \frac{3\pi}{6} - \sin \frac{2\pi}{6} \right)$	$= N \sin \frac{9\pi}{6}$
11....	$-(S_4 + S_3)$	$-N \sin \frac{\pi}{6} - N \left(\sin \frac{2\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{6} \right)$	$= N \sin \frac{10\pi}{6}$
12....	$-S_4$	$-N \sin \frac{\pi}{6}$	$= N \sin \frac{11\pi}{6}$

» La ligne brisée de la *fig.* 38 représente la loi de variation du nombre de spires entourant le noyau xy et comprises dans le circuit extérieur XY lorsque le balai F s'appuie successivement sur les touches 1, 2, ..., 12 du collecteur.

» On voit que les points de cette ligne, dont les extrémités des abscisses tombent au milieu des touches du collecteur, se trouvent sur un arc de sinuséide. On conçoit immédiatement que plus le nombre k des circuits secondaires du transformateur sera grand,

plus la ligne brisée de la figure tendra à se confondre avec l'arc de sinussoïde autour duquel elle se développe.

Fig. 38.



» **PROBLÈME.** — Étant donné un arc de sinussoïde représenté par l'équation $y = A \sin x$ et par la courbe de la fig. 4, on trace les $2k$ ordonnées ayant pour abscisses des longueurs successivement égales à $0, \frac{\pi}{k}, \frac{2\pi}{k}, \frac{3\pi}{k}, \dots, (2k-1)\frac{\pi}{k}$. Par les extrémités de ces coordonnées, on mène des horizontales ayant une longueur égale à $\frac{\pi}{k}$ dont les milieux coïncident avec les milieux des ordonnées considérées. On relie ensuite l'extrémité de chacune de ces horizontales avec le point initial de la suivante, au moyen d'une droite verticale.

» On obtient, de cette manière, la ligne brisée représentée fig. 38 et qui se développe de part et d'autre de l'arc de sinussoïde.

» Cette ligne brisée peut être considérée comme représentant une nouvelle fonction $z = f(x)$ de la variable x . On demande de développer, suivant la série de Fourier, la fonction $z = f(x)$.

» Nous savons que l'on peut écrire

$$z = A_1 \sin x + A_2 \cos 2x + \dots + A_n \sin nx \\ + B_1 \cos x + B_2 \sin 2x + \dots + B_n \cos nx,$$

et que l'on a, d'une manière générale,

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} z \sin nx \, dx, \quad B_n = \int_0^{2\pi} z \cos nx \, dx.$$

» Désignons par α un nombre entier compris entre 0 et $2k$. Dans

le cas particulier qui nous occupe, lorsque la variable x variera entre les limites $(\alpha - \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}$ et $(\alpha + \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}$, la fonction z demeurera constante et égale à $A \sin \alpha \frac{\pi}{k}$.

» On peut écrire, en posant $z_\alpha = A \sin \alpha \frac{\pi}{k}$,

$$\int_0^{2\pi} z \sin nx \, dx = z_0 \int_0^{\frac{\pi}{2k}} \sin nx \, dx + z_1 \int_{\frac{\pi}{2k}}^{\frac{3\pi}{2k}} \sin nx \, dx + \dots + z_\alpha \int_{(\alpha - \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}}^{(\alpha + \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}} \sin nx \, dx + \dots$$

» On a

$$z_\alpha \int_{(\alpha - \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}}^{(\alpha + \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}} \sin nx \, dx = -\frac{z_\alpha}{n} \left[\cos n(\alpha + \frac{1}{2})\frac{\pi}{k} - \cos n(\alpha - \frac{1}{2})\frac{\pi}{k} \right] = \frac{2z_\alpha}{n} \sin n \alpha \frac{\pi}{k} \sin \frac{n\pi}{2k},$$

ou, en remplaçant z_α par sa valeur,

$$\frac{1}{\pi} z_\alpha \int_{(\alpha - \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}}^{(\alpha + \frac{1}{2})\frac{\pi}{k}} \sin nx \, dx = \frac{A}{\pi n} \sin \frac{n\pi}{2k} \left[\cos(n-1)\alpha \frac{\pi}{k} - \cos(n+1)\alpha \frac{\pi}{k} \right].$$

» Si l'on remarque que l'on a

$$z_0 \int_{-\frac{\pi}{2k}}^{\frac{\pi}{2k}} \sin nx \, dx = 0,$$

puisque le facteur z_0 est nul, on voit que l'on peut écrire

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} z \sin nx \, dx \\ &= \frac{A}{\pi n} \sin \frac{\pi n}{2k} \left\{ \left[\cos(n-1)\frac{\pi}{k} + \cos(n-1)1\frac{\pi}{k} + \cos(n-1)2\frac{\pi}{k} + \dots + \cos(n-1)(2k-1)\frac{\pi}{k} \right] \right. \\ & \quad \left. - \left[\cos(n+1)\frac{\pi}{k} + \cos(n+1)1\frac{\pi}{k} + \cos(n+1)2\frac{\pi}{k} + \dots + \cos(n+1)(2k-1)\frac{\pi}{k} \right] \right\}. \end{aligned}$$

» Or, nous savons que l'on a

$$\cos u + \cos(u+v) + \cos(u+2v) + \dots + \cos[u + (2k-1)v] = \frac{\sin kv}{\sin \frac{v}{2}} \cos \left[u + (2k-1)\frac{v}{2} \right].$$

» En appliquant cette formule, il vient

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} x \sin nx \, dx = \frac{A}{\pi n} \sin \frac{n\pi}{2k} \left[\frac{\sin(n-1)\pi}{\sin(n-1)\frac{\pi}{2k}} \cos(n-1)(2k-1)\frac{\pi}{2k} - \frac{\sin(n+1)\pi}{\sin(n+1)\frac{\pi}{2k}} \cos(n+1)(2k-1)\frac{\pi}{2k} \right].$$

Nous aurons toujours

$$\sin(n-1)\pi = \sin(n+1)\pi = 0.$$

» Les termes de l'expression précédente seront donc toujours nuls, à moins que l'on ait

$$\sin(n-1)\frac{\pi}{2k} = 0 \quad \text{ou} \quad \sin(n+1)\frac{\pi}{2k} = 0.$$

» Si nous désignons par p un nombre entier, cela arrivera lorsque l'on aura

$$\frac{n-1}{2k} = p \quad \text{ou} \quad \frac{n+1}{2k} = p,$$

c'est-à-dire lorsque l'on aura

$$n = 2kp \pm 1.$$

» Les rapports $\frac{\sin(n-1)\pi}{\sin(n-1)\frac{\pi}{2k}}$ et $\frac{\sin(n+1)\pi}{\sin(n+1)\frac{\pi}{2k}}$ se présenteront alors

sous la forme $\frac{0}{0}$.

» Nous leverons l'indétermination en considérant ces rapports comme des fonctions de n et en formant le rapport des dérivées des numérateurs et des dénominateurs.

» Nous trouvons ainsi, pour $n = 2kp + 1$,

$$\frac{\sin(n-1)\pi}{\sin(n-1)\frac{\pi}{2k}} = \frac{2k}{\cos p\pi}, \quad \cos(n-1)(2k-1)\frac{\pi}{2k} = \cos p\pi$$

et, pour $n = 2kp - 1$,

$$\frac{\sin(n+1)\pi}{\sin(n+1)\frac{\pi}{2k}} = \frac{2k}{\cos p\pi}, \quad \cos(n+1)(2k-1)\frac{\pi}{2k} = \cos p\pi.$$

» Donnons successivement à p les valeurs 1, 2, 3, ..., l .

et la force électromotrice développée dans ce circuit XY sera donnée par la formule

$$E = 0,998 N e_0 \sin 2\pi\alpha t [\sin 2\pi(\alpha t + \varphi) + \frac{1}{11} \sin 22\pi(\alpha t + \varphi) + \dots].$$

Elle renferme un terme constant : $\frac{0,998}{2} N e_0 \cos 2\pi\varphi$ (on devra caler le balai F de manière à avoir $\cos 2\pi\varphi = 1$).

» A ce terme correspondra la production d'un courant continu dans le circuit XY. Quant aux autres, leur influence sera détruite par l'action de l'appareil régulateur introduit dans ce circuit.

» *Première observation.* — Si l'intensité du courant primaire agissant sur le noyau xy est parfaitement sinusoïdale, et si l'action du régulateur de courant est assez énergique pour qu'on puisse considérer le courant qui traverse ce circuit comme rigoureusement continu, la somme algébrique des ampères-tours développés autour du noyau xy contiendra des termes tels que

$$0,998 N A [\frac{1}{11} \sin 22\pi(\alpha t + \varphi) - \frac{1}{13} \sin 26\pi(\alpha t + \varphi) + \dots].$$

» Ces ampères-tours tendront à développer des flux parasites dans le noyau dont l'action sera en opposition avec celle des flux développés dans l'appareil régulateur du circuit XY.

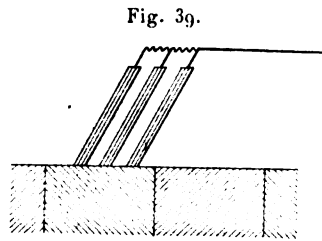
» Pendant qu'un des circuits secondaires sera mis en court-circuit par le balai F (*fig. 37*) des courants égaux et de signes contraires à ceux que nous venons de signaler prendront naissance à travers ce circuit et ces flux parasites n'auront qu'une intensité négligeable, mais au moment de la cessation de la mise en court-circuit, ils se développeront brusquement et tendront à entretenir le passage des courants locaux.

» Il y aura donc production d'étincelles.

» Pour les éviter, il faut réduire l'importance de ces flux parasites de manière qu'ils ne puissent développer de force électromotrice capable de déterminer une étincelle. On peut y arriver :

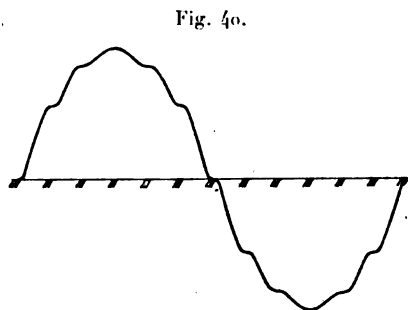
- » 1° En donnant une grande valeur au nombre k , soit en sectionnant beaucoup le circuit secondaire du transformateur;
- » 2° En diminuant la perméabilité magnétique du noyau xy ;
- » 3° En effectuant la commutation au moyen de plusieurs balais

étagés, reliés entre eux par des résistances suivant la disposition représentée schématiquement sur la *fig. 39*.



» *Deuxième observation.* — La durée des mises en court-circuit opérées par le balai F devra être courte par rapport à leur temps de passage sur une touche du collecteur, toute variation de flux dans le noyau xy étant impossible pendant cette durée.

» Si l'on représente par une courbe la loi de variation du flux développée dans le noyau xy , elle pourra toujours affecter une forme sinusoïdale, mais elle sera caractérisée par l'existence de plats correspondant aux époques des mises en court-circuit, comme on le voit sur la *fig. 40*.



» Pendant la durée des mises en court-circuit, la somme algébrique des nombres d'ampères-tours passant dans le circuit primaire, dans les circuits secondaires intercalés dans le circuit XY, et dans le circuit secondaire fermé sur lui-même, sera nulle.

» L'intensité du courant développé dans le circuit secondaire fermé sur lui-même sera donc augmentée de celles du courant de fréquence α servant normalement à engendrer le flux utile dans le noyau xy et des courants de fréquences supérieures signalés plus haut. Il faudra en tenir compte dans la détermination de la section

des conducteurs secondaires, et surtout dans celle de la surface de contact des balais qui devront laisser passer ce courant total.

» Enfin, dans tout ce qui précède, nous avons supposé que l'intensité du courant primaire variait toujours suivant une loi rigoureusement sinusoïdale, quelle que fût la loi de variation des flux dans le noyau xy . Il ne faudra pas, pour que cette condition soit remplie, que le moteur synchrone chargé d'assurer la rotation du balai F (*fig. 37*) soit alimenté par un circuit secondaire enroulé sur le noyau xy . En effet, il tendrait à déterminer la loi des variations de flux dans le noyau en débitant le courant nécessaire, dont l'action viendrait se superposer à celle du courant primaire. Ce moteur devra être alimenté par un transformateur spécial.

» En tenant compte de ces observations, on peut réaliser un appareil susceptible de très bien fonctionner et très simple.

III.

TRANSFORMATEUR-REDRESSEUR POUR COURANT ALTERNATIF SIMPLE DÉBITÉ SOUS VOLTAGE CONSTANT.

» La solution précédente n'est plus applicable, car, dans ce cas, c'est le flux développé dans le noyau du transformateur qui variera suivant une loi sinusoïdale. Toute mise en court-circuit opérée à un moment où la dérivée du flux ne serait pas nulle entraînerait nécessairement la production d'un courant parasite très intense dans le circuit fermé sur lui-même. Il en résulterait de grandes pertes d'énergie et de fortes étincelles au balai.

» Nous avons adopté la solution suivante (*fig. 41*):

» Prenons un collecteur C dont les touches successives soient séparées par des isolants assez larges pour qu'un balai ne puisse s'appuyer simultanément sur deux d'entre elles.

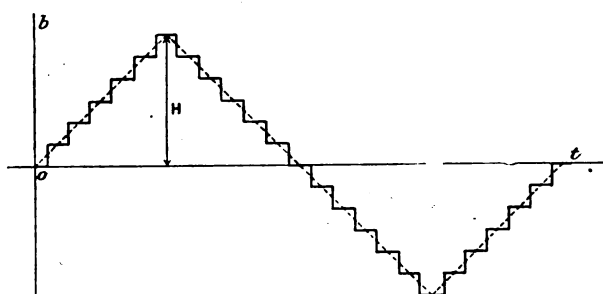
» Autour de ce collecteur peuvent se mouvoir deux systèmes de frotteurs F_1, F_2 composés chacun de deux balais α, β , décalés l'un par rapport à l'autre, de telle manière que l'un d'eux s'appuie toujours sur une touche, et reliés par une résistance comme s'il s'agissait du contact mobile d'un réducteur pour accumulateurs.

» Nous disposerons circulairement une série de batteries d'accumulateurs $ac, ac, \dots$, ou plutôt de condensateurs électrolytiques,

des signes + et —. Si les frotteurs F_1 , F_2 tournent, la différence de potentiel développée entre eux variera suivant une loi périodique. Elle sera maximum et égale à H lorsqu'ils s'appuieront respectivement sur les touches en relation directe avec les points A et B. Elle sera nulle lorsqu'ils auront tourné de 90° et deviendra égale à H lorsqu'ils auront tourné de 180° , ...

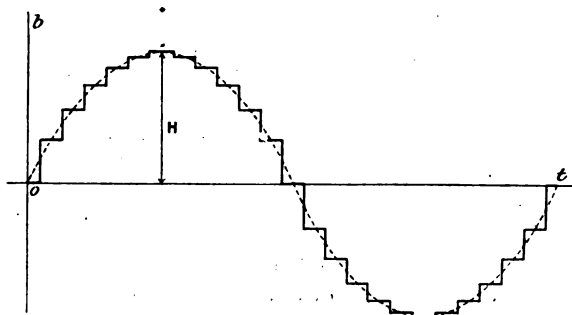
» La loi de variation en fonction du temps de cette différence de potentiels peut être représentée par la ligne brisée de la *fig. 42*, en supposant que le collecteur ait 24 touches.

Fig. 42.



» On conçoit immédiatement que, en donnant des nombres variables d'éléments aux différentes batteries ac , ac , ... reliées au collecteur, mais en faisant toujours en sorte que deux batteries comprises entre des touches diamétralement opposées du collecteur

Fig. 43.



soient identiques, on pourra modifier à volonté la loi de variation de la différence de potentiel développée entre les balais F_1 , F_2 . En particulier, il sera possible de disposer les milieux des branches hori-

zontales de la ligne brisée de la *fig.* 42 sur un arc sinusoïde, comme il est représenté sur la *fig.* 43.

» Dans ces conditions, la loi de variation de cette différence de potentiels se rapprochera d'une loi sinusoïdale, d'autant plus que le nombre de divisions du collecteur sera plus grand.

» Si un courant débité par les frotteurs F_1 et F_2 (voir *fig.* 41) se ferme à l'extérieur, il devra surmonter une force électromotrice variant en fonction du temps suivant une loi sinusoïdale. Si la source de force électromotrice qui provoque son passage est elle-même de forme sinusoïdale et de même fréquence, il lui prendra de l'énergie qu'il déversera successivement dans les différents groupes d'accumulateurs.

» Ces derniers serviront non seulement d'agents de transformation, mais aussi de réservoirs momentanés d'énergie. En effet, étant ainsi chargés, ils recevront une quantité d'énergie périodiquement variable, tandis que leur décharge dans les conduites AE et BE (*fig.* 41) se fera d'une manière continue.

» Le transformateur T fonctionne comme s'il travaillait sur de simples résistances, et les variations de flux dont il est le siège n'ont aucune influence sur la commutation.

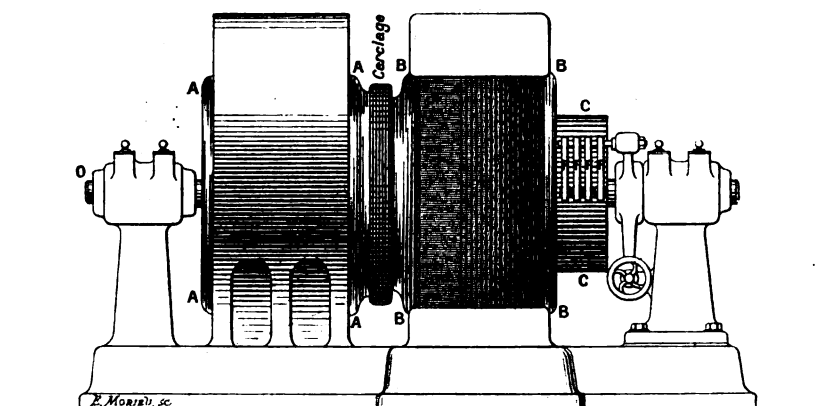
» Les divers groupes d'accumulateurs sont fermés successivement sur eux-mêmes, mais rien n'est plus facile, comme nous l'avons vu, que d'introduire une résistance dans chaque circuit local fermé sur lui-même et de limiter l'intensité du courant débité par les éléments qui en font partie. La self-induction d'un semblable circuit étant pratiquement nulle, la rupture de ce courant ne pourra pas donner naissance à des étincelles.

» Cette méthode résout d'une manière générale le problème de la transformation des courants alternatifs en courant continu et sa réciproque. Malheureusement, elle comporte l'emploi d'appareils qui n'ont pas été suffisamment expérimentés jusqu'ici. C'est pourquoi nous avons donné une autre solution applicable au cas d'un courant alternatif simple d'intensité constante et nous allons décrire un transformateur rotatif spécial qui nous paraît très avantageux lorsqu'il s'agit de redresser des courants alternatifs simples débités sous voltage constant, et dont le moment d'inertie permettra d'emmagasiner momentanément la quantité d'énergie voulue.

» *Transformateur rotatif.* — La *fig. 44* représente une vue de ce transformateur.

» Il se compose de deux anneaux AA, BB que nous supposons du genre Gramme, montés sur un même axe OO ainsi qu'un collec-

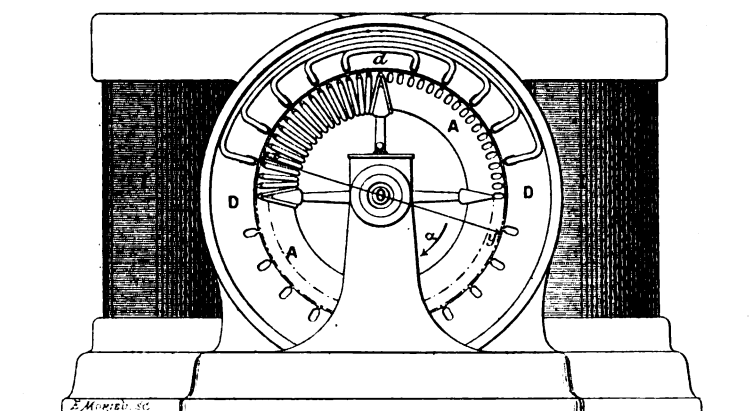
Fig. 44.



teur CC sur lequel s'appuient des balais F, F, ... qui serviront à recueillir le courant continu développé.

» L'anneau AA tourne à l'intérieur d'un inducteur DD de machine asynchrone à courant alternatif simple. La vue par bout de la *fig. 45*

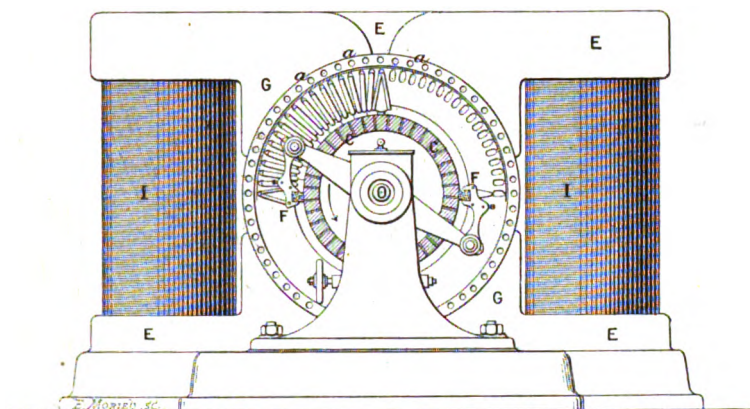
Fig. 45.



montre comment est disposé l'enroulement *d* de cet inducteur. Elle montre en même temps comment sont découpées les tôles entrant dans la composition des anneaux AA et DD.

» L'anneau BB constitué avec les mêmes tôles que l'anneau AA tourne au milieu d'un inducteur de machine à courant continu dont les bobines de champ II (voir *fig. 46*) sont montées en dérivation

Fig. 46.



entre les balais F, F. Il y aura généralement avantage à donner un enroulement compound à ces bobines et à ajouter au circuit monté en dérivation entre les balais, un circuit monté en série dans le circuit extérieur où l'on veut faire passer un courant continu.

» Une série de boulons de cuivre tels que $a, a, \dots$ traversent les épanouissements polaires E, E de l'inducteur dans une région très voisine de l'entrefer. Leurs extrémités sont reliées par deux cercles conducteurs G, G situés de part et d'autre de l'inducteur (voir *fig. 46*).

» Enfin les sections consécutives des deux anneaux AA et BB sont reliées entre elles et avec les lames du collecteur GG suivant un mode tout particulier que nous allons décrire et qui est représenté par le schéma de la *fig. 47*.

» Les deux anneaux ont le même nombre de sections.

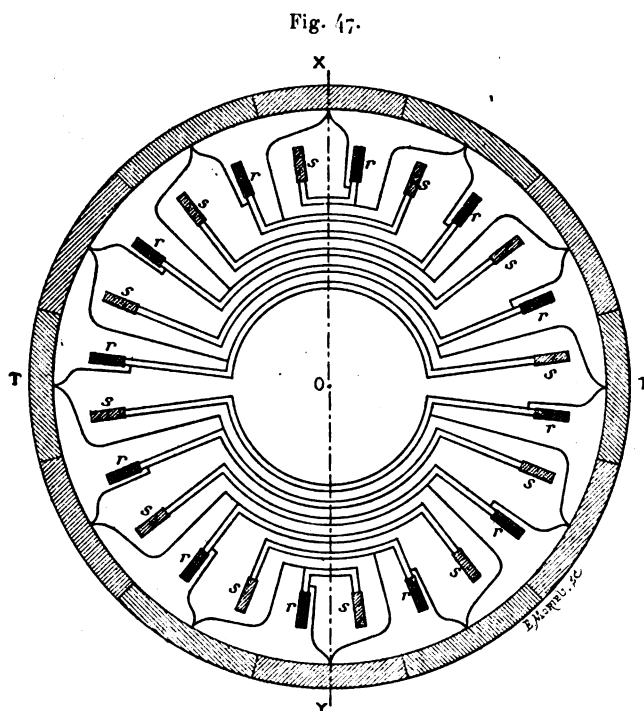
» Considérons un plan passant par l'axe du système.

» Chaque section de l'anneau BB est montée en parallèle avec la section de l'anneau AA qui lui est symétrique par rapport à ce plan.

» On constitue ainsi autant de circuits distincts que l'anneau BB contient de sections distinctes. Ces circuits sont reliés entre eux et

avec les lames du collecteur CC suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire comme si l'on avait voulu constituer un anneau de machine à courant continu avec les seules sections de l'anneau BB.

» Sur le schéma de la *fig. 47*, la ligne *xy* représente la trace du plan de symétrie considéré sur un plan normal à l'axe du système.



» Les projections, sur le plan normal à l'axe, des sections de l'anneau BB sont représentées par des rectangles *rrr...* recouverts de hachures croisées. Celles des sections de l'anneau AA le sont par des rectangles *sss...* recouverts de hachures simples. Pour que ces projections ne se confondent pas, nous avons supposé les deux anneaux décalés l'un par rapport à l'autre.

» Le collecteur CC est également projeté en TT. On voit sur la *fig. 47* comment peuvent être réalisées les connexions décrites ci-dessus sans que les fils qui servent à les établir aient à être croisés en aucun point.

» Ces connexions peuvent donc être faites ausssi facilement que celles des machines à courant continu ordinaires.

» *Mode de fonctionnement de l'appareil.* — Supposons qu'on lance un courant alternatif de fréquence α dans le circuit de l'anneau DD (*fig.* 44 et 45) et que l'on fasse tourner l'axe avec la vitesse $\frac{\alpha}{2}$ dans le sens de la flèche.

» Nous savons que le courant de fréquence α tendra à développer deux champs constants Φ_1 et Φ_2 qui tourneront autour de l'axe O, tous deux avec la vitesse α , mais que le champ Φ_1 tournera dans le sens de la flèche et l'autre en sens contraire.

» Le champ Φ_1 aura donc une vitesse relative égale à $\frac{\alpha}{2}$ par rapport à l'anneau AA et le champ Φ_2 aura une vitesse relative égale à $\frac{3\alpha}{2}$ par rapport au même anneau.

» Le champ Φ_1 développera des forces électromotrices de fréquence $\frac{\alpha}{2}$ et présentant des différences de phases successives dans les diverses sections de l'anneau AA et, par suite, dans celles de l'anneau BB qui leur sont reliées.

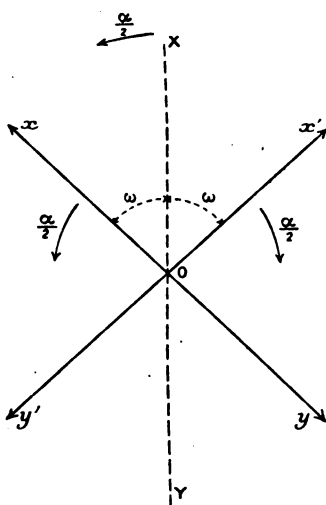
» A chaque instant, il y aura une différence de potentiel constante développée entre les sections de l'anneau AA situées aux extrémités du même diamètre xy (*fig.* 45) qui tournerait autour de l'axe O avec la vitesse α et, par suite, avec une vitesse $\frac{\alpha}{2}$ par rapport à l'anneau AA.

» De même, sur l'anneau BB, les sections entre lesquelles la même différence de potentiel constante sera développée seront à chaque instant situées sur les extrémités d'un même diamètre $x'y'$ se déplaçant par rapport à l'anneau BB avec une vitesse égale à $\frac{\alpha}{2}$.

» Mais, étant donné que chaque section d'un anneau est reliée à celle de l'autre anneau qui lui est symétrique par rapport à un plan passant par l'axe du système et mobile avec lui, les deux diamètres xy et $x'y'$ devront toujours être symétriques par rapport à ce plan, c'est-à-dire que leurs projections sur un plan normal à l'axe devront faire à chaque instant des angles égaux à ω et de signes contraires, avec la trace XY du plan de symétrie (*fig.* 48).

» Le diamètre xy tournant dans le même sens que la trace XY avec la vitesse relative $\frac{\alpha}{2}$, le diamètre $x'y'$ tournera en sens inverse avec la même vitesse relative. Mais cette trace entraînée dans le mouvement des anneaux a une vitesse absolue égale à $\frac{\alpha}{2}$, donc le diamètre $x'y'$ demeure fixe dans l'espace.

Fig. 48.



» Il en résulte qu'il y aura toujours une différence de potentiels constante entre deux lames diamétralement opposées du collecteur.

» Donc, si nous fermons les balais FF sur un circuit extérieur quelconque, on recueillera entre eux un courant continu.

» Le champ Φ_2 tendrait à développer une force électromotrice alternative de fréquence 2α entre deux touches diamétralement opposées du collecteur CC .

» Mais l'anneau BB tourne au milieu d'un écran magnétique comme nous l'avons vu plus haut. Il ne peut donc être le siège d'un flux variable dans l'espace et, par suite, ses sections ne pourront opposer aucune force contre-électromotrice appréciable aux forces électromotrices de fréquence $\frac{3}{2}\alpha$ que le flux Φ_2 développerait dans les sections de l'anneau AA . Les choses se passeront comme si ces sections étaient en court-circuit pour les variations du flux Φ_2 . Elles forment écran pour lui et il ne pourra se développer.

» On pourrait encore réduire le flux Φ_2 en lui faisant franchir de grands entrefers, mais, la présence de l'écran de l'inducteur II étant nécessitée par d'autres raisons, cela est inutile et aurait pour effet de rendre plus difficile le développement du flux Φ_1 .

» Nous avons supposé, dans ce qui précède, que les anneaux étaient animés d'une vitesse $\frac{2}{\alpha}$. Ce résultat se trouve obtenu grâce à la présence de l'inducteur II. En effet, le système se comporte alors comme un moteur synchrone et l'on peut demander à cet inducteur de fournir en même temps les courants déwattés nécessaires à la production du champ Φ_1 . L'écran magnétique de l'inducteur II a pour but d'assurer la stabilité du synchronisme.

» On pourra lancer l'appareil avec du courant continu, si l'on dispose d'une batterie d'accumulateurs. On pourra aussi le lancer comme un moteur asynchrone, mais il conviendra alors de munir d'un circuit auxiliaire l'inducteur DD de la *fig.* 45, comme on le fait en général pour les moteurs asynchrones à courants alternatifs simples.

» *Observations.* — Nous avons supposé que les deux moteurs associés étaient bipolaires : rien n'empêche de les rendre multipolaires.

» Nous avons supposé que les enroulements étaient du genre Gramme : ils peuvent être d'un genre quelconque.

» Enfin, nous pouvons remplacer l'inducteur de machine asynchrone à courants alternatifs simples, qui agit sur l'anneau AA, par un inducteur de machine asynchrone à courants polyphasés. Nous aurons ainsi un transformateur-redresseur à courants polyphasés.

» *Avantages principaux du système.* — Si l'on dispose, pour l'emploi de courants à haute tension, l'inducteur de moteur asynchrone qui agit sur l'anneau AA, cet inducteur peut être considéré comme le circuit primaire d'un transformateur, et le système est dès lors complet : il sert à transformer à la fois la tension et la nature du courant.

» Il convient d'observer que l'inducteur à courant continu per-

mét de développer économiquement des courants déwattés très intenses; on peut donc impunément adopter, dans la construction de l'inducteur à courants alternatifs, les modes d'enroulement qui se prêteront le mieux à une facile isolation sans avoir à redouter les fuites magnétiques.

» D'un autre côté, le collecteur n'a à redresser que des courants de fréquence $\frac{\alpha}{2}$ alors qu'avec tout autre système il aurait à redresser des courants de fréquence α . Cela est un très grand avantage, car, à égalité de vitesse tangentielle du collecteur et de largeur des lames, on pourra doubler le sectionnement des anneaux, ce qui facilitera beaucoup la commutation et permettra la production facile d'un courant continu de tension élevée.

» *Comparaison de cet appareil avec les commutatrices.* — On appelle *commutatrice* un transformateur de courant alternatif en courant continu constitué par une machine à courant continu ordinaire sur l'axe de laquelle sont disposées deux bagues reliées à deux touches diamétralement opposées du collecteur.

» On lance dans la machine, par l'intermédiaire de ces bagues, le courant alternatif que l'on veut transformer.

» On sait que, si l'on amène à la vitesse du synchronisme une semblable dynamo, elle continue à tourner comme un moteur synchrone, en même temps que l'on peut recueillir un courant continu entre des balais appuyés à la manière ordinaire sur son collecteur.

» Nous nous proposons de rechercher :

» 1° Quelles dimensions il conviendra de donner à l'anneau de cette machine pour en faire une commutatrice de puissance déterminée, en tenant compte des phénomènes d'échauffement;

» 2° Quelle sera la réaction d'induit et comment il conviendra de dimensionner son inducteur;

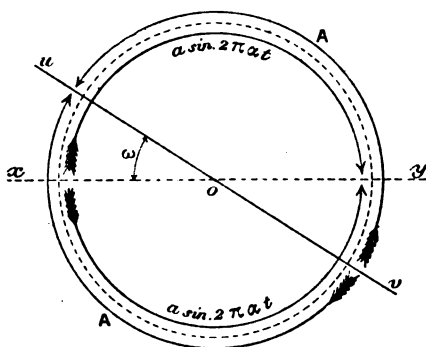
» 3° De comparer l'importance du matériel nécessaire à la constitution du transformateur-redresseur, suivant que l'on emploie un transformateur ordinaire et une commutatrice ou l'un des deux appareils que nous venons de décrire.

» *a. Chaleur dégagée dans l'anneau d'une commutatrice.* — Le

nombre des sections de l'anneau est égal à $2N$. Nous appellerons ρ la résistance de chacune d'elles.

» Les deux touches du collecteur situées sur le diamètre xy (fig. 49) sont en relation constante avec les bornes d'une source

Fig. 49.



d'énergie qui maintient entre elles une différence de potentiels

$$h = h_0 \sin 2\pi \alpha t.$$

» L'anneau tourne dans un champ fixe en faisant α tours par seconde.

» Deux balais s'appuient sur le collecteur et sont calés de manière que la force électromotrice continue développée entre eux soit maximum. Cette force électromotrice est égale à h_0 .

» Désignons par $2A$ l'intensité du courant continu débité, et par $i = 2a \sin 2\pi \alpha t$ celle du courant alternatif fourni par la source alternative. Dans ces conditions, l'intensité i est complètement wattée et nous n'examinerons que ce cas.

» Si le rendement du transformateur était égal à 1, nous aurions la relation

$$\frac{ah_0}{2} = Ah_0, \quad \text{d'où} \quad a = 2A.$$

» En réalité, on aura toujours $a > 2A$, mais nous pouvons supposer $a = 2A$ sans erreur sensible.

» A un instant donné, la ligne de contact uv des balais fait un angle ω avec le diamètre xy . Les courants d'intensités $2A$ et $i = 2a \sin 2\pi \alpha t$ se partagent autour de l'anneau, comme il est repré-

senté sur la *fig. 49*, où les flèches représentent les directions de ces courants considérées comme positives.

» L'intensité i est maximum lorsque la ligne xy se confond avec la ligne uv . A ce moment, l'intensité i doit être de signe contraire à l'intensité $2A$, puisque, sous un même voltage, l'un des courants fournit du travail et l'autre en absorbe. On vérifie immédiatement, sur la *fig. 1*, que c'est ce qui arrive si les directions positives de courants sont celles représentées par les flèches.

» Dans ces conditions, tant que l'angle ω est compris entre 0 et π , il y a, entre les points x et u ,

$$\frac{N}{\pi} \omega \quad \text{sections où l'intensité est égale à } (A + a \sin 2\pi\alpha t);$$

entre les points u et y ,

$$\frac{N}{\pi} (\pi - \omega) \quad \text{»} \quad \text{»} \quad (-A + a \sin 2\pi\alpha t);$$

entre les points y et v ,

$$\frac{N}{\pi} \omega \quad \text{»} \quad \text{»} \quad (-A - a \sin 2\pi\alpha t);$$

entre les points v et x ,

$$\frac{N}{\pi} (\pi - \omega) \quad \text{»} \quad \text{»} \quad (A - a \sin 2\pi\alpha t).$$

» Lorsque l'anneau est dans la position représentée sur la figure, la quantité de chaleur dQ dégagée pendant un temps dt est égale à

$$dQ = 2 \frac{N}{\pi} \rho [\omega (A + a \sin 2\pi\alpha t)^2 + (\pi - \omega) (A - a \sin 2\pi\alpha t)^2] dt.$$

Pendant que l'anneau tourne, l'angle ω croît proportionnellement au temps et augmente de π en un temps 2α .

» On a donc

$$\omega = 2\pi\alpha t.$$

» Il vient alors

$$dQ = 2 \frac{N}{\pi} \rho [\pi (A - a \sin 2\pi\alpha t)^2 dt + 2\pi\alpha t (4aA \sin 2\pi\alpha t)] dt.$$

» La quantité de chaleur dégagée pendant que l'anneau fait un

demi-tour est

$$Q_1 = 2N\rho \int_0^{\frac{1}{2\alpha}} (A - a \sin 2\pi\alpha t)^2 dt + 16\alpha N\rho A a \int_0^{\frac{1}{2\alpha}} t \sin 2\pi\alpha t dt.$$

» On a

$$\begin{aligned} & \int_0^{\frac{1}{2\alpha}} (A - a \sin 2\pi\alpha t)^2 dt \\ &= \frac{A^2}{2\alpha} + \frac{2aA}{2\pi\alpha} (\cos 2\pi\alpha t)_0^{\frac{1}{2\alpha}} + \frac{a^2}{4\alpha} - \frac{a^2}{8\pi\alpha} (\sin 4\pi\alpha t)_0^{\frac{1}{2\alpha}} \\ &= \frac{1}{2\alpha} \left(A^2 + \frac{a^2}{2} - \frac{4}{\pi} aA \right). \end{aligned}$$

» On a, d'autre part,

$$\int t \sin 2\pi\alpha t dt = \frac{1}{2\pi\alpha} \left(-t \cos 2\pi\alpha t + \frac{1}{2\pi\alpha} \sin 2\pi\alpha t \right),$$

d'où

$$\int_0^{\frac{1}{2\alpha}} t \sin 2\pi\alpha t dt = \frac{1}{4\pi\alpha^2}.$$

» Il vient ainsi

$$Q_1 = \frac{2N\rho}{2\alpha} \left(A^2 + \frac{a^2}{2} \right).$$

» Les mêmes phénomènes se reproduisant au bout de chaque demi-période, la quantité de chaleur Q dégagée par seconde est égale à

$$Q = 2N\rho \left(A^2 + \frac{a^2}{2} \right),$$

ou, puisque l'on a $a = 2A$,

$$Q = 2N\rho (3A^2).$$

» S'il ne passait aucun courant alternatif dans l'anneau et si on le faisait tourner de manière qu'il fonctionnât comme une génératrice ordinaire à courant continu et si l'on poussait le débit jusqu'à ce que la quantité de chaleur dégagée fût la même, nous voyons qu'il faudrait multiplier l'intensité A par $\sqrt{3}$; d'où cette conclusion :

» *L'anneau d'une commutatrice de 100 kilowatts, à courants alternatifs simples, doit avoir les mêmes dimensions que celui d'une machine à courant continu de 173 kilowatts où les variations de flux auraient la même fréquence.*

» *b. Réaction d'induit d'une commutatrice.* — Le courant d'intensité $i = 2a \sin 2\pi \alpha t$ produit deux champs tournant avec la vitesse α par rapport à l'anneau, l'un dans un sens, l'autre dans l'autre.

» L'un de ces flux est fixe dans l'espace et a une intensité égale et de signe contraire à celle du champ produit par le passage du courant continu à travers l'armature.

» Quant à l'autre, il a une vitesse égale à 2α . Il importe de réduire son intensité à une valeur très faible, sans quoi il rendrait impossible la commutation.

» On peut y arriver en donnant un grand entrefer à la commutatrice; mais il faut alors la munir d'un inducteur très puissant, dont seule l'expérience permettra de déterminer les dimensions.

» On peut y arriver plus simplement en entourant l'anneau mobile d'un écran conducteur qui s'opposera au développement de ce champ tournant (¹). Cela fait, on pourra considérer la réaction d'induit comme nulle et réduire l'entrefer au simple jeu nécessité par les conditions de fonctionnement mécanique.

» Le nombre d'ampères-tours développé dans les circuits de l'écran sera égal à celui développé par le passage du courant continu dans l'armature. Il faudra donc dépenser sensiblement la même quantité de cuivre que si l'on voulait faire un inducteur pour une machine de courant continu ordinaire de 100 kilowatts en le disposant suivant la méthode de Ryan.

» Nous pouvons dire, comme approximation grossière, que l'inducteur d'une commutatrice devra être dimensionné comme celui d'une machine à courant continu de même puissance.

» *c. Comparaison des deux systèmes.* — Supposons que l'on veuille faire un transformateur-redresseur de 100 kilowatts pour courants alternatifs simples.

» Si l'on emploie une commutatrice ordinaire, il faut :

» 1° Un transformateur de 100 kilowatts;

» 2° Une machine à courant continu ayant son anneau dimensionné comme celui d'une machine de 173 kilowatts et son inducteur comme celui d'une machine de 100 kilowatts.

(¹) M. Blondel a fait breveter cette disposition.

» Si l'on emploie notre système de transformateur, on trouve que l'ensemble de ses deux anneaux représente un matériel d'une importance égale à l'anneau de la commutatrice.

» Quant aux deux inducteurs, celui qui est parcouru par des courants alternatifs se comporte comme un circuit primaire capable d'absorber 100 kilowatts; mais, comme le flux tourne deux fois plus vite que l'induit du moteur, il suffira de le dimensionner comme un inducteur de machine asynchrone de 50 kilowatts.

» Enfin, l'inducteur excité par un courant continu doit être aussi dimensionné comme celui d'une dynamo de 50 kilowatts.

» En résumé, le prix d'un semblable transformateur doit être sensiblement le même que celui d'une commutatrice de même puissance. On a comme bénéfice net l'économie du transformateur qui doit accompagner la commutatrice.

IV.

TRANSFORMATEUR-REDRESSEUR POUR COURANTS ALTERNATIFS POLYPHASÉS DÉBITÉS SOUS VOLTAGE CONSTANT.

» Soient n conducteurs parcourus par n courants alternatifs de même fréquence et même intensité efficace, mais dont les variations soient successivement décalées de $\frac{1}{n}$ de période, c'est-à-dire tels que l'on puisse représenter leurs intensités à chaque instant par les expressions

$$i_1 = a \sin 2\pi \alpha t, \quad i_2 = a \sin 2\pi \left(\alpha t + \frac{1}{n} \right), \quad \dots,$$

$$i_n = a \sin 2\pi \left(\alpha t + \frac{n-1}{n} \right).$$

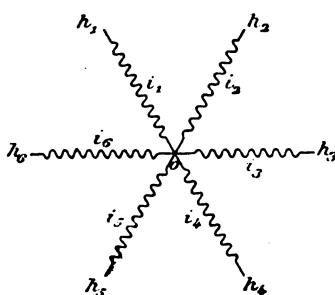
» Ces courants alimentent n circuits identiques montés en étoile, comme il est représenté sur la *fig. 50*, dans le cas où $n = 6$. Ils doivent surmonter, pour cela, n forces électromotrices de même fréquence α , de même grandeur efficace, mais successivement décalées de $\frac{1}{n}$ de période.

» Si nous les désignons par $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ et si nous appe-

lons h et φ deux constantes, nous pouvons écrire

$$\begin{aligned} h_1 &= h \sin 2\pi(\alpha t + \varphi), \\ h_2 &= h \sin 2\pi\left(\alpha t + \varphi + \frac{1}{n}\right), \\ &\dots\dots\dots, \\ h_n &= h \sin 2\pi\left(\alpha t + \varphi + \frac{n-1}{n}\right). \end{aligned}$$

Fig. 50.



» La quantité totale d'énergie dE , fournie pendant un intervalle de temps dt à ces n circuits, aura pour expression

$$dE = (i_1 h_1 + i_2 h_2 + \dots + i_n h_n) dt,$$

d'où

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \alpha h \left[\sin 2\pi\alpha t \times \sin 2\pi(\alpha t + \varphi) \right. \\ &\quad \left. + \sin 2\pi\left(\alpha t + \frac{1}{n}\right) \times \sin 2\pi\left(\alpha t + \varphi + \frac{1}{n}\right) + \dots \right] \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \alpha h \cos 2\pi\varphi \left[\sin^2 2\pi\alpha t + \sin^2 2\pi\left(\alpha t + \frac{1}{n}\right) + \dots + \sin^2 2\pi\left(\alpha t + \frac{n-1}{n}\right) \right] \\ &\quad + \alpha h \sin 2\pi\varphi \left[\sin 2\pi\alpha t \cos 2\pi\alpha t + \dots + \sin 2\pi\left(\alpha t + \frac{n-1}{n}\right) \cos 2\pi\left(\alpha t + \frac{n-1}{n}\right) \right] \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \frac{n}{2} \alpha h \cos 2\pi\varphi \\ &\quad + \frac{\alpha h}{2} \cos 2\pi\varphi \left[\cos 4\pi\alpha t + \cos 4\pi\left(\alpha t + \frac{1}{n}\right) + \dots + \cos 4\pi\left(\alpha t + \frac{n-1}{n}\right) \right] \\ &\quad + \frac{\alpha h}{2} \sin 2\pi\varphi \left[\sin 4\pi\alpha t + \sin 4\pi\left(\alpha t + \frac{1}{n}\right) + \dots + \sin 4\pi\left(\alpha t + \frac{n-1}{n}\right) \right]. \end{aligned}$$

» Les deux derniers termes de cette expression étant identiquement nuls, il reste

$$\frac{dE}{dt} = \frac{n}{2} \alpha h \cos 2\pi\varphi.$$

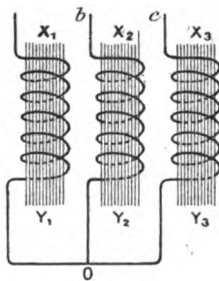
» Donc l'énergie débitée, à chaque instant, par n courants polyphasés, dans un récepteur comprenant n circuits identiques, est constante. Il est donc possible, sans avoir recours à l'emploi d'aucun réservoir momentané d'énergie, de constituer un transformateur de courants alternatifs polyphasés en courant continu débité sous voltage constant.

1^{er} SYSTÈME.

» *Principe du système.* — Nous allons décrire l'appareil que nous avons combiné dans ce but, dans le cas où $n = 3$, c'est-à-dire dans le cas où l'on doit utiliser des courants triphasés.

» Soient $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ trois noyaux magnétiques identiques

Fig. 51.



et de même perméabilité (*fig. 51*). Autour de ces trois noyaux seront disposés :

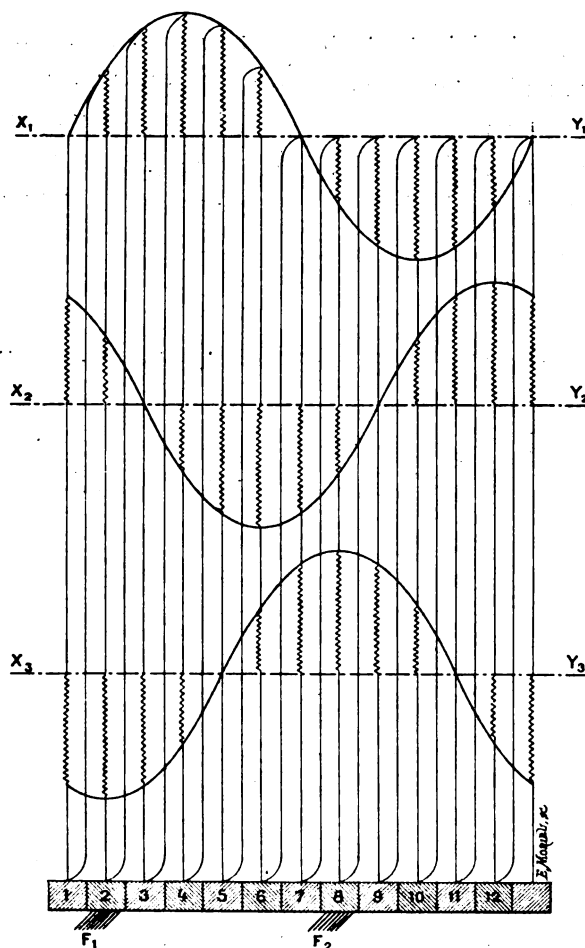
» 1^o Trois bobines identiques, de N spires chacune, reliées, d'une part, aux points a, b, c des conducteurs amenant les courants triphasés et, de l'autre, à un point de retour commun ;

» 2^o Un circuit secondaire divisé en $2k$ sections dont les nombres de spires seront déterminés de la manière suivante :

» Traçons, comme il est représenté (*fig. 52*), trois arcs de sinus-oïde de même période L autour de trois droites $X, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$, représentant les trois circuits magnétiques désignés ci-dessus.

» Ces trois arcs de sinusoïde, sont successivement décalés, de telle manière que, si l'on désigne par y_1, y_2, y_3 , les ordonnées de

Fig. 52.



leurs trois points ayant même abscisse x , on peut écrire, en désignant par A une constante,

$$y_1 = A \sin 2\pi \frac{x}{L}, \quad y_2 = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{L} + \frac{1}{3} \right), \quad y_3 = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{L} + \frac{2}{3} \right).$$

» Cela fait, traçons les $2k$ ordonnées de chaque arc de sinusoïde ayant successivement pour abscisses :

$$0, \quad \frac{L}{2k}, \quad \frac{2L}{2k}, \quad \frac{3L}{2k}, \quad \dots, \quad \frac{(2k-1)L}{2k}.$$

» Autour de chaque noyau, nous disposerons $2k$ bobines distinctes ayant des nombres de spires proportionnels à ces $2k$ ordonnées.

» Par convention, les spires correspondant à des ordonnées positives seront enroulées dans le sens dextrorsum, et celles correspondant à des ordonnées négatives le seront dans le sens sinistrorsum.

» Chaque section du circuit secondaire sera formée par la réunion en série des trois bobines situées autour des noyaux magnétiques $X_1 Y_1$, $X_2 Y_2$, $X_3 Y_3$ correspondant à une même abscisse. La composition de ces $2k$ sections est donnée par le Tableau suivant, où la constante ν représente un nombre de spires et où le sens d'enroulement des divers groupes de spires est donné par le signe de la fonction sinusoïdale qui le représente :

Numéro de la section	Nombre de spires de cette section autour du noyau		
	$X_1 Y_1$.	$X_2 Y_2$.	$X_3 Y_3$.
1.....	$\nu \sin 0$	$\nu \sin 2\pi \left(0 + \frac{1}{3}\right)$	$\nu \sin 2\pi \left(0 + \frac{2}{3}\right)$
2.....	$\nu \sin \frac{2\pi}{2k}$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{1}{2k} + \frac{1}{3}\right)$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{1}{2k} + \frac{2}{3}\right)$
3.....	$\nu \sin 2 \frac{2\pi}{2k}$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{2}{2k} + \frac{1}{3}\right)$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{2}{2k} + \frac{2}{3}\right)$
.....			
p	$\nu \sin (p-1) \frac{2\pi}{2k}$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{p-1}{2k} + \frac{1}{3}\right)$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{p-1}{2k} + \frac{2}{3}\right)$
.....			
$2R$	$\nu \sin (2R-1) \frac{2\pi}{2k}$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{2k-1}{2k} + \frac{1}{3}\right)$	$\nu \sin 2\pi \left(\frac{2k-1}{2k} + \frac{2}{3}\right)$

» Ces $2k$ sections distinctes seront reliées entre elles et avec les $2k$ touches consécutives d'un collecteur (*fig.* 52, où le collecteur a été supposé développé), comme s'il s'agissait d'un anneau Gramme divisé en $2k$ sections.

» Supposons maintenant que l'on fasse appuyer sur ce collecteur deux balais F_1 , F_2 (*fig.* 52), le premier sur la touche de rang β et le second sur la touche de rang $(\beta + k)$. Tout circuit extérieur reliant ces deux balais se fermera à travers les circuits secondaires du transformateur.

» Le courant pourra se rendre du balai F_1 au balai F_2 en suivant deux chemins entre lesquels il se bifurquera :

» 1° En parcourant les k sections branchées entre les touches du collecteur

β et $(\beta + 1)$, $(\beta + 1)$ et $(\beta + 2)$, ..., $[\beta + (k - 1)]$ et $(\beta + k)$;

» 2° En parcourant les k sections branchées entre les touches du collecteur

β et $(\beta - 1)$, $(\beta - 1)$ et $(\beta - 2)$, ..., 1 et $2k$, $2k$ et $(2k - 1)$, ..., $(\beta - k + 1)$ et $(\beta - k)$.

» En parcourant le premier chemin, il effectuera autour du noyau X, Y, (*fig. 52*) un nombre de tours égal à

$$N_1 = v \left[\sin \beta \frac{\pi}{k} + \sin(\beta + 1) \frac{\pi}{k} + \dots + \sin(\beta + k - 1) \frac{\pi}{k} \right],$$

ou

$$N_1 = \frac{v}{\sin \frac{\pi}{2k}} \cos(\beta - \frac{1}{2}) \frac{\pi}{k}.$$

» En parcourant le second chemin, il effectuera autour du noyau X, Y, un nombre de tours égal à

$$N'_1 = v \left[\sin(\beta - 1) \frac{\pi}{k} + \sin(\beta - 2) \frac{\pi}{k} + \dots + \sin(\beta - k) \frac{\pi}{k} \right],$$

$$N'_1 = - \frac{v}{\sin \frac{2\pi}{k}} \cos(\beta - \frac{1}{2}) \frac{\pi}{k}.$$

» Mais les deux branches du courant parcourent ces deux circuits en sens inverses alors que ces circuits comportent des nombres **égaux** de spires enroulées en sens contraires.

» Les choses se passeront donc comme si le courant total, traversant le circuit extérieur branché entre les deux balais F_1 et F_2 , effectuait autour du noyau X, Y, un nombre de tours égal à

$$S_1 = \frac{v}{\sin \frac{\pi}{2k}} \cos(\beta - \frac{1}{2}) \frac{\pi}{k}.$$

» On trouverait de la même manière que les nombres de tours

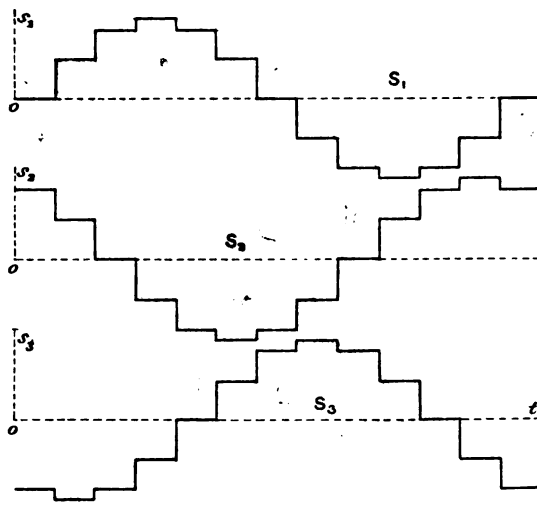
effectués par ce courant autour des noyaux $X_2 Y_2$ et $X_3 Y_3$ (*fig. 52*) sont égaux à

$$S_2 = \frac{v}{\sin \frac{\pi}{2k}} \cos \left(\beta - \frac{1}{2} + \frac{2k}{3} \right) \frac{\pi}{k}.$$

$$S_3 = \frac{v}{\sin \frac{\pi}{2k}} \cos \left(\beta - \frac{1}{2} + \frac{4k}{3} \right) \frac{\pi}{k}.$$

» Si, maintenant, on vient à faire tourner régulièrement autour du collecteur les balais F_1 et F_2 avec la vitesse de α tours par seconde, au bout de temps égaux à $\frac{1}{2k\alpha}$ la valeur de la quantité β variera brusquement de quantités égales à $\frac{1}{2k}$ et les quantités S_1 , S_2 , S_3 pourront être considérées comme des fonctions du temps dont

Fig. 53.



les variations seront représentées par les lignes brisées de la *fig. 53* dans le cas où l'on a $k = 6$.

» On peut se proposer, comme nous l'avons fait précédemment, de représenter de semblables fonctions du temps par des développements effectués suivant la série de Fourier.

» On arrive ainsi, en supposant toujours k égal à 6, aux

expressions

$$S_1 = 0,998 \frac{V}{\sin \frac{\pi}{12}} [\sin 2\pi\alpha t + \frac{1}{11} \sin 22\pi\alpha t - \frac{1}{13} \sin 26\pi\alpha t - \frac{1}{13} \sin 46\pi\alpha t + \dots],$$

$$S_2 = 0,998 \frac{V}{\sin \frac{\pi}{12}} [\sin 2\pi(\alpha t + \frac{1}{3}) + \frac{1}{11} \sin 22\pi(\alpha t + \frac{1}{3}) - \frac{1}{13} \sin 26\pi(\alpha t + \frac{1}{3}) - \frac{1}{13} \sin 46\pi(\alpha t + \frac{1}{3}) + \dots],$$

$$S_3 = 0,998 \frac{V}{\sin \frac{\pi}{12}} [\sin 2\pi(\alpha t + \frac{2}{3}) + \frac{1}{11} \sin 22\pi(\alpha t + \frac{2}{3}) - \frac{1}{13} \sin 26\pi(\alpha t + \frac{2}{3}) - \frac{1}{13} \sin 46\pi(\alpha t + \frac{2}{3}) + \dots].$$

» Supposons maintenant que les trois noyaux $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ soient le siège de variations de flux de fréquence α et telles qu'en désignant par Φ_1, Φ_2, Φ_3 ces flux, par φ une constante représentant un flux et par ψ une autre constante représentant une différence de phases, l'on puisse écrire

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= \varphi \cos 2\pi(\alpha t - \psi), \\ \Phi_2 &= \varphi \cos 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{2}{3}), \\ \Phi_3 &= \varphi \cos 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{4}{3}).\end{aligned}$$

» La force électromotrice E développée entre les balais F_1 et F_2 (fig. 52) aura pour expression

$$E = S_1 \frac{d\Phi_1}{dt} + S_2 \frac{d\Phi_2}{dt} + S_3 \frac{d\Phi_3}{dt}.$$

» Si nous supposons encore $k = 6$ et si nous remplaçons les quantités S_1, S_2, S_3 par les premiers termes des expressions trouvées ci-dessus, il vient :

$$\begin{aligned}E &= -0,998 \frac{V}{\sin \frac{\pi}{12}} 2\pi\alpha\varphi [\sin 2\pi\alpha t + \sin 2\pi(\alpha t - \psi) \\ &\quad + \sin 2\pi(\alpha t + \frac{1}{3}) \sin 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{1}{3}) \\ &\quad + \sin 2\pi(\alpha t + \frac{2}{3}) \sin 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{2}{3})], \\ E &= -3,862\pi\alpha\varphi\nu \times \frac{2}{3} \cos 2\pi\psi.\end{aligned}$$

» Il y aura donc une force électromotrice d'intensité constante développée dans tout circuit extérieur branché entre les balais F_1 et F_2 . L'influence des termes négligés des développements de Fourier précédents ne pourra superposer à cette force électromotrice constante que des forces électromotrices périodiquement variables dont

la fréquence sera très rapide et dont la grandeur sera au plus égale au $\frac{1}{11}$ de la première, si l'on cale les balais mobiles par rapport au collecteur de manière à avoir $\cos 2\pi\psi = 1$.

» L'effet de ces forces électromotrices sera naturellement détruit par la self-induction du circuit que devra parcourir le courant continu.

» Le nombre d'ampères-tours développés autour de chaque noyau magnétique par le circuit secondaire variera suivant une loi très sensiblement sinusoïdale et qui s'en rapprochera d'autant plus que le sectionnement de ce circuit sera poussé plus loin. Le transformateur triphasé formé par la réunion des trois noyaux se comportera donc comme un transformateur ordinaire.

» *Observation.* — Le nombre de spires que comporte toute section autour d'un noyau magnétique est nécessairement un nombre entier et, lorsqu'il s'agira de faire varier suivant une loi sinusoïdale les nombres de spires des diverses sections du circuit secondaire de nos transformateurs, il faudra donner au plus grand de ces nombres une valeur suffisamment élevée pour que, parmi les nombres entiers plus petits, l'on puisse en trouver dont les rapports successifs varient suivant la loi voulue. Le plus grand de ces nombres devra être d'autant plus élevé que l'on voudra pousser plus loin le sectionnement.

» On devrait donner un très grand nombre de spires au circuit secondaire en réduisant le voltage efficace développé par spire. Cela conduirait à augmenter le rapport du poids de cuivre au poids de fer dans nos transformateurs, et cela aux dépens de leur prix de revient.

» On viendra à bout de cette difficulté de la manière suivante :

» A chaque noyau magnétique du transformateur, adjoignons un autre noyau de section dix fois plus petite, recouvert d'un circuit primaire ayant dix fois plus de spires que celui du premier noyau et monté en parallèle avec lui.

» Toute spire entourant ce noyau sera le siège d'une force électromotrice dix fois plus petite que celle développée dans les spires entourant le premier noyau.

» Supposons, par exemple, qu'il faille développer dans un circuit une force électromotrice égale à quarante-six fois la force électro-

motrice développée dans une spire par le petit noyau, nous constituerons un circuit ayant quatre spires autour du premier et six seulement autour du second, alors qu'on aurait eu à en enrouler quarante-six, si l'on n'avait disposé que de ce seul noyau.

» On pourrait aller plus loin et adjoindre trois noyaux qui développeraient dans chaque spire les entourant des forces électromotrices qui seraient entre elles comme les nombres 1, 10, 100. Mais cela ne sera jamais nécessaire. »

AVIS.

*Concours pour un coffret avec prise de courant universelle
pour les automobiles électriques.*

Le Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques* informe que le concours ayant pour objet la construction d'un coffret avec prise de courant universelle, et qui avait été précédemment annoncé pour le 1^{er} mars, est prorogé de deux mois.

En conséquence, les concurrents ont jusqu'au **1^{er} mai 1899**, exclusivement, pour faire parvenir leurs envois au siège du Syndicat, 19, rue Blanche, à Paris.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

22/12. — Sur la production des étincelles dans les machines à courant continu; *Fischer Hinnen*. — Téléphonie duplex; *Schwensky*.

29/12/1898. — Sur la production... (*fin*); *Fischer Hinnen*. — Machines Walker à courants continus; *R. Wahle*.

3/1/1899. — Installation de Paderno d'Adda; *E. Vanotti*. — Résistance au contact des balais de cuivre et de charbon; *E. Arnold*. — Limite des étincelles; *G. Kapp*.

12/1. — Méthode de compoundage des alternateurs; *E. Danielson*. — Procédés graphiques de détermination des vitesses et des résistances pour la traction électrique; *J. Neidt*.

19/1. — Lampe à arc pour locomotives; *M. Schiemann*. — Procédés graphiques... (*fin*); *J. Neidt*. — Transmission télégraphique des dessins; *J. Walter*.

26/1. — Emploi des paliers à billes sur les tramways; *R. v. Podoski*. — Interrupteur électrolytique; *A. Wehnelt*.

2/2. — Station de Para; *C. Höst*. — Commutation du courant des dynamos; *E. Arnold* et *G. Mie*. — Emploi... (*fin*); *R. v. Podoski*. — Calcul de la puissance nécessaire aux tramways; *L. Schröder*.

9/2. — Théorie des enroulements; *C. Westphal*. — Méthode de mesure du décalage des moteurs à champ tournant; *C. Breitfeld*. — Emploi des rayons cathodiques; *E. Seefehlner*.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

29/12. — Équilibrage des armatures; *G. Hantchet*.

3/1. — Emploi du courant du Niagara à Buffalo; *O. Dunlap*.

12/1. — Remarques sur l'usage des appareils électriques à bord pendant la guerre de Cuba; *F. Roller*.

26/1. — Systèmes de payement au compteur; *E. Debell*.

17/12. — Commutatrices; *C. Steinmetz*.

24/12. — Centralisation des sources d'énergie dans les bureaux téléphoniques; *K. Miller*. — Commutatrices (*fin*); *C. Steinmetz*. — Rendement des piles; *C. Burgess*.

31/12. — Système à caniveau de la Capital traction C°. — Épaisseur des plaques de transformateur; *F. Bedell*, *R. Klein* et *T. Thompson*.

7/1. — Installations du Niagara; *J. Woodbridge*. — Nouveaux transformateurs de la C^{ie} du Carborundum au Niagara; *J. Peck*.

- 14/1. — Étude photographique de l'arc; *H. Brown*. — Centralisation (*suite*); *K. Miller*. Télégraphie sans fils; *W. Bissing*.
21/1. — Télégraphie sans fils; *W. Bissing*.
28/1. — Télégraphie sans fils (*suite*); *W. Bissing*. — Calcul des circuits secondaires pour courants alternatifs; *G. Thayer*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

- 19/8. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*. — Traitement des minerais sulfurés de Broken-Hill; *E. Ashcroft*.
26/8. — Tramway d'Évian. — Charbons (*suite*); *F. Jehl*. — Enregistreur de courbes de courants alternatifs; *H. Callendar*. — Du galvanomètre dans le pont; *W. Murphy*.
21/10. — Traction sur les canaux; *A. Allen*.
28/10. — Système Thompson-Walker de traction électrique. — Dynamomètre d'absorption et de transmission pour laboratoires.
4/11. — Système Anderson (à caniveau fermé) de traction électrique. — Nouveau modèle de photomètre Trotter-Preece.
11/11. — Courants sinusoïdaux dans un réseau de conducteurs; *T. Lyle*. — Services municipaux d'éclairage au point de vue commercial (*suite*); *A. Gibbins*.
18/11. — Tramways de Liverpool. — Tramways de Glasgow. — Elevated de Chicago. — Grues de Southampton.
25/11. — Compteur à paiement préalable. — Théorie des commutatrices (*suite*); *G. Kapp*. — Influence de l'épaisseur de la couche d'air sur la réflexion totale des ondes électriques; *S. Bose*. — Couplage des dynamos; *A. Philipp*. — Commutatrices; *S. Thompson*.
2/12. — Théorie électromagnétique (*suite*); *O. Heaviside*. — Commutatrices (*fin*); *S. Thompson*.
9/12. — Charbons à lumière (*suite*); *F. Jehl*. — Appareil imprimeur: *Higgins*. — Théorie des commutatrices (*fin*); *G. Kapp*. — Transmission à grande distance; *G. Forbes*.
16/12. — Vapeur surchauffée; *P. Schou*. — Installation de Paderno; *G. Semenza*. — L'éclairage municipal au point de vue commercial; *A. Gibbins*. — Perfectionnement de la télégraphie sans fils; *O. Lodge*. — Télégraphie par la lumière ultra-violette; *K. Zickler*.
23/12. — Charbons à lumière (*suite*); *F. Jehl*. — Perfectionnements (*suite*); *O. Lodge*. — Mesure directe des courants de perte; *M. Kallmann*.
30/12. — Effet de la commutation sur le champ des dynamos et moteurs; *W. Everett* et *A. Peake*. — Télégraphie par induction magnétique; *S. Evershed*. — Construction du tramway de Chilkoot Pass; *W. Burkholder*.
6/1. — Installation de Paderno; *G. Semenza*. — Progrès de la Télégraphie magnétique; *O. Lodge*.
13/1. — Progrès... (*fin*); *O. Lodge*. — Télégraphie éthérique; *W. Preece*. — Théorie électromagnétique... (*fin*); *O. Heaviside*. — Installation... (*fin*); *G. Semenza*. — Modification de la méthode du pont pour la mesure des résistances avec courants terrestres; *R. Black*.
20/1. — Charbons à lumière (*suite*); *F. Jehl*.

27/11. — Chemins de fer de Stanstad à Engelberg. — Diagrammes de moteurs d'induction; *C. Hawkins*. — Procédé électrolytique de « gravité » pour la fabrication de la soude caustique; *G. Robertson*. — Machines à grande vitesse; *J. Dales*.

3/2. — Sur les règles pour les canalisations; *R. Crompton*. — Uniformisation des règlements; *C. Wordingham*.

10/2. — Diagrammes... (*suite*); *C. Hawkins*. — Effets d'un échauffement prolongé sur les propriétés magnétiques du fer; *S. Roget*. — Règles pour les installations intérieures; *J. Pigg*. — Intercommunication électrique des trains; *W. Langdon*. — Lampes Nernst; *J. Swinburne*.

The Electrical Review.

21/10. — Notes sur le calcul des collecteurs; *F. Matthews*. — Note sur le dépôt électrolytique du cadmium et de ses alliages; *Sherard Cowper-Coles*.

28/10. — Sur le nickel électrolytique; *J. Kershaw*.

4/11. — Éclairage de Hull.

11/11. — Éclairage de Folkestone. — Système de Tesla pour la transmission de l'énergie.

25/11. — Ampère, volt et wattmètre thermique; *M. Field*. — Paliers à billes; *M. Barr*. — Usine à chlorate de Saint-Michel (Savoie); *J. Kershaw*. — Régulateurs de machines à vapeur; *J. Davidson*. — Procédé électrolytique « Cowper-Coles » pour le traitement des minerais réfractaires.

2/12. — Ampère... (*fin*); *M. Field*.

9/12. — Régulateurs (*fin*); *J. Davidson*.

23/12. — Accumulateurs pour automobiles. — Intercommunication dans les trains de chemin de fer; *Langdon Davies*.

30/12. — Système mécanique pour contacts superficiels. — Corrosion électrolytique.

6/1. — Méthodes de mesure des hauts potentiels avec des appareils à basse tension; *S. Barnett*.

13/1. — Signaux du siphon recorder; *Rymer Jones*. — L'industrie électrochimique et électrometallurgique en 1898; *B. Kershaw*.

20/1. — Signaux (*suite*); *Rymer Jones*. — Notes sur les distributions triphasées pour tramways; *A. Gibson*. — L'industrie (*fin*); *B. Kershaw*.

3/2. — Observations sur la traction électrique; *H. Parshall*.

10/2. — Signaux (*suite*); *Rymer Jones*. — Champs oscillatoires et tournants; théorie des moteurs à courants alternatifs; *M. Field*. — Notes sur les trolleys à haute tension; *E. Scott*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

23/10. — Notes sur la Téléphonie moderne; *Barth von Wehrenalp*.

6/11. — Distribution de l'énergie pour les tramways de Vienne; *C. Neudeck*. — Notes sur la Téléphonie moderne (*suite*); *Barth von Wehrenalp*.

13/11. — Freinage des moteurs d'induction monophasés; *F. Eichberg*. — Notes, etc. (*suite*); *Barth von Wehrenalp*.

20/11. — Remarques sur les courants continus dans l'arc alternatif; *F. Eichberg* et *L. Kallir*.

27/11. — Téléphonie moderne (*suite*); *B. v. Wehrenalp*. — Observations sur les courants continus observés dans l'arc alternatif; *F. Eichberg et L. Kallir*.

4/12. — Explication du phénomène de Görge, et du couplage ~~en~~ *tandem*; *F. Eichberg*. — Téléphonie moderne (*fin*); *B. v. Wehrenalp*.

11/12. — Explication (*fin*); *F. Eichberg*. — Sur les lampes à incandescence; *B. Montel*. — Chemin de fer de Wannsee.

18/12. — Commutation des courants alternatifs par soupapes électriques; *L. Kallir*. Chemin de fer de Wannsee (*fin*).

23/12. — Redressement des courants (*fin*); *L. Kallir*.

1/1. — Nouveau système téléphonique à fils communs; *J. West*.

8/1. — Stations centrales de Vienne; *J. Rolbe*.

15/1. — Compteur moteur; *R. Hiecke*.

22/1. — État actuel de l'Électrochimie; *J. Klaudy*.

29/1. — Automobiles électriques; *E. Egger*.

5/2. — Matériel Siemens et Halske, pour contact à archet.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

- Bi-électrolyse et pyrogalvanie*; par le Dr FOVEAU DE COURMELLES. Réimprimé de *La Clinique* (Montréal). Numéro de novembre 1898, 1 broch. grand in-8°. (*Don de l'Auteur.*)
- Dictionnaire technique français-anglais des outils et ustensiles employés dans les métiers manuels; la petite industrie, le ménage, etc.*, par M. A.-S. LOVENDAL. Paris, Boyveau et Chevillet, éditeurs, 1899; 1 vol. petit in-8° broché. (*Don des Éditeurs.*)
- Dispersion électrique*; par M. L. BARBILLON. Paris, Carré et Naud, éditeurs, 1899; 1 vol. grand in-8° broché. (*Don de l'Auteur.*)
- Guide pratique de l'amateur électricien pour la construction de tous les appareils électriques*; par M. E. KEIGNART. Paris, Ryckevorsel, éditeur, 5^e édition, 1899; 1 vol. in-8° broché. (*Don de l'Éditeur.*)
- L'industrie du goudron de houille*; par M. G.-F. JOUBERT. Paris, Gauthier-Villars et Masson, éditeurs, 1899; 1 vol. petit in-8° broché. *Collection des Aide-Mémoire Léauté.* (*Don des Éditeurs.*)
- La Mathématique*; par M. C.-A. LAISANT. Paris, Carré et Naud, éditeurs, 1898; 1 vol. in-8° relié. (*Don de M. Santerre.*)
- Recherches sur l'ozone atmosphérique*; par le Dr FOVEAU DE COURMELLES. Réimprimé de *La Clinique* (Montréal, Canada). Numéro d'octobre 1898, 1 broch. grand in-8°. (*Don de l'Auteur.*)
- Théorie des potentiels newtoniens*; par M. H. POINCARÉ. Paris, Carré et Naud, éditeurs, 1899; 1 vol. grand in-8° broché. (*Don de M. Santerre.*)
- Traitement électrique des tumeurs érectiles*; par le Dr FOVEAU DE COURMELLES. Bureau des *Annales de Médecine et Chirurgie infantiles*. Paris, 1 broch. in-8°, 1899. (*Don de l'Auteur.*)
- Unités électriques absolues*; par M. G. LIPPMANN. Paris, Carré et Naud, éditeurs, 1899; 1 vol. grand in-8° broché. (*Don de M. Santerre.*)
-

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Dons pour l'École supérieure d'Électricité, p. 110.

Candidatures proposées pour le renouvellement partiel du Bureau et du Comité d'administration, p. 110.

Etude sur la transmission et la distribution de l'énergie sur les courants alternatifs (M. Maurice Leblanc), p. 112.

La réaction d'induit dans les machines dynamo-électriques (M. R.-V. Picou), p. 160.

INFORMATIONS. — Souscription pour le monument Gaulard, p. 174.

BIBLIOGRAPHIE, p. 175.

COMPTE RENDU

DE LA

REUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 1^{er} mars 1899 (1).

PRÉSIDENCE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h45^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des demandes d'admission suivantes :

MM.

Barton (John-Brunswick), Administrateur de la *Compagnie des lampes à arc Jandus*, 1, rue du Cambodge, à Paris. — Présenté par MM. Hillairet et Blondel.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Callu (Alcide-Raphaël), Chimiste, Directeur du Laboratoire de la *Lauterie des Fermiers réunis*, 31, rue de Poissy, à Paris. — Présenté par MM. Laffargue et Richemond.

Ellison (George), Ingénieur électricien, 33, rue de l'Entrepôt, à Paris. — Présenté par MM. Griffisch et Vignerón.

Lecomte (Albert-Louis), Directeur des ateliers de la *Compagnie des lampes à arc Jandus*, 192, boulevard de Charonne, à Paris. — Présenté par MM. Hillairet et Brachotte.

Poujol (Lucien), Ingénieur des services extérieurs de la *Société normande d'Électricité*, 5, rue de Marivaux, à Paris. — Présenté par MM. Poussin et Sabourain.

Prat (Fernand), 51, rue Scheffer, villa 14, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés aux auteurs des dons suivants, en faveur de l'École supérieure d'Électricité :

MM.

JAUAUX, Directeur de la *Société Gramme* : 1 réceptrice Gramme, type d'atelier, 18 ampères, 110 volts, 1230 tours, excitation en série.

FRÉDÉRIC MOREAU 100^{fr}

UN ANONYME (don spécialement affecté à la salle des transformateurs). 2000^{fr}

Conformément à l'article 14 du Règlement intérieur, M. le PRÉSIDENT porte à la connaissance de la Réunion les noms des candidats ci-après, que le Comité propose au choix de l'Assemblée générale, en vue du renouvellement partiel du Bureau et du Comité d'administration de la Société.

PRÉSIDENT

pour l'exercice 1900-1901 :

MM.

Mascart (E.), Membre de l'Institut.

VICE-PRÉSIDENTS :

Harlé (E.), Associé-Gérant de la *Maison Sautter-Harlé et C^{ie}*.

Sartiaux (Eugène), Chef des services électriques de la Compagnie des Chemins de fer du Nord.

SECRÉTAIRES :

Chaumat (H.), Chef des Travaux à l'École supérieure d'Électricité.

Raveau (C.), Répétiteur à l'Institut national agronomique.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

Gosselin (X.), Chef des travaux électriques à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

MEMBRES :

Boistel (E.), Ingénieur-conseil.

Brillonin (Marcel), Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Brunswick (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Clémencez (E.), Président de la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force*.

Darrieus (G.), Capitaine de frégate.

Ducretet (E.), Constructeur-électricien.

Guilbert (C.), Ingénieur.

Labour (E.), Ingénieur des Ateliers de la *Société d'Éclairage électrique*.

Laffargue (J.), Ingénieur-électricien.

Lippmann (G.), Membre de l'Institut.

Meyer (Ferdinand), Directeur de la *Compagnie continentale Edison*.

Mildé (Ch.), Constructeur-électricien.

Nerville (F. de), Ingénieur des Télégraphes.

Pellat (H.), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.

Perrin (P.), Ingénieur.

Sarcia (J.), Ingénieur.

Street (Ch.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

COMMISSION DES COMPTES POUR 1899 :

Armengaud jeune, Ingénieur civil.

Berthon (A.), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*.

Masson (G.), Éditeur.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS.

CINQUIÈME PARTIE.

TRANSFORMATEURS-REDRESSEURS

(suite).

2^{me} SYSTÈME.

» Nous supposons toujours que l'on dispose de trois forces électromotrices H_1, H_2, H_3 de même grandeur efficace, mais dont les variations présentent des différences de phases consécutives égales à $\frac{1}{3}$ de période.

» Nous poserons

$$H_1 = H \sin 2\pi\alpha t, \quad H_2 = H \sin 2\pi(\alpha t + \frac{1}{3}), \quad H_3 = H \sin 2\pi(\alpha t + \frac{2}{3}).$$

» Il s'agit de déterminer, dans $2k$ sections distinctes, $2k$ forces électromotrices de même grandeur efficace mais successivement décalées de $\frac{1}{2k}$ de période telles que les suivantes :

$$h_1 = h \sin 2\pi\alpha t, \quad h_2 = h \sin 2\pi\left(\alpha t + \frac{1}{2k}\right), \quad \dots, \\ h_{2k} = h \sin 2\pi\left[\alpha t + \frac{(2k-1)}{2k}\right].$$

» *Principe de la méthode.* — Chaque section se composera de trois bobines distinctes montées en série, ayant chacune un nombre constant v de spires.

» Ces bobines sont représentées schématiquement en a, b, c , sur la *fig. 54*. Chacune d'elles entoure l'un des noyaux magnétiques X, Y et Z.

» Ces noyaux sont aussi recouverts par des circuits primaires, m, p, q , branchés entre les trois sources de force électromotrice et un point neutre O.

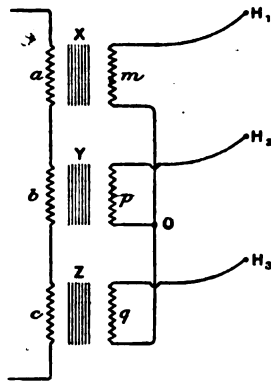
» Les nombres de spires de ces circuits primaires seront déterminés de telle manière que, si l'on désigne par e_1, e_2, e_3 les forces électromotrices développées dans toute spire entourant le noyau X,

le noyau Y et le noyau Z, on puisse poser, en désignant par ε et β deux constantes,

$$\begin{aligned} e_1 &= (\varepsilon \sin 2\pi\beta) \sin 2\pi\alpha t, \\ e_2 &= [\varepsilon \sin 2\pi(\beta + \tfrac{1}{3})] \sin 2\pi(\alpha t + \tfrac{1}{3}), \\ e_3 &= [\varepsilon \sin 2\pi(\beta + \tfrac{2}{3})] \sin 2\pi(\alpha t + \tfrac{2}{3}). \end{aligned}$$

» Dans ces conditions, la force électromotrice e développée dans

Fig. 54.



la section considérée aura pour expression

$$\begin{aligned} e &= \nu(e_1 + e_2 + e_3) = \nu\varepsilon[\sin 2\pi\alpha t \sin 2\pi\beta + \sin 2\pi(\alpha t + \tfrac{1}{3}) \sin 2\pi(\beta + \tfrac{1}{3}) \\ &\quad + \sin 2\pi(\alpha t + \tfrac{2}{3}) \sin 2\pi(\beta + \tfrac{2}{3})]. \end{aligned}$$

» On a identiquement

$$\begin{aligned} \sin 2\pi\alpha t \sin 2\pi\beta &= \tfrac{1}{2}[\cos 2\pi(\alpha t - \beta) - \cos 2\pi(\alpha t + \beta)], \\ \sin 2\pi(\alpha t + \tfrac{1}{3}) \sin 2\pi(\beta + \tfrac{1}{3}) &= \tfrac{1}{2}[\cos 2\pi(\alpha t - \beta) - \cos 2\pi(\alpha t + \beta + \tfrac{2}{3})], \\ \sin 2\pi(\alpha t + \tfrac{2}{3}) \sin 2\pi(\beta + \tfrac{2}{3}) &= \tfrac{1}{2}[\cos 2\pi(\alpha t - \beta) - \cos 2\pi(\alpha t + \beta + \tfrac{1}{3})], \\ \cos 2\pi(\alpha t + \beta) + \cos 2\pi(\alpha t + \beta + \tfrac{2}{3}) + \cos 2\pi(\alpha t + \beta + \tfrac{1}{3}) &= 0, \end{aligned}$$

d'où

$$e = \tfrac{3}{2}\nu\varepsilon \cos 2\pi(\alpha t - \beta).$$

» Si, en passant d'une section à l'autre, on fait varier β successivement de quantités égales à $\frac{1}{2k}$, les $2k$ sections seront le siège de forces électromotrices de même grandeur efficace mais successivement décalées de $\frac{1}{2k}$ de période.

» *Nombre de spires* N_1, N_2, N_3 *à attribuer aux divers circuits primaires agissant sur les bobines d'une section.* — Désignons par $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ les valeurs maxima des flux développés dans les noyaux X, Y, Z. Nous devons avoir

$$N_1 = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi\beta}, \quad N_2 = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi(\beta + \frac{1}{3})}, \quad N_3 = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi(\beta + \frac{2}{3})}.$$

» Si l'on avait $\beta = 0$, on devrait donner à la bobine primaire correspondante un nombre de spires infini; mais, comme la bobine secondaire qui l'accompagnerait devrait être le siège d'une force électromotrice nulle, on supprimera simplement cette bobine, ainsi que son noyau magnétique et la bobine primaire qui devait l'exciter.

» *Force électromotrice développée entre les balais du commutateur.* — Les $2k$ sections seront groupées entre elles et reliées aux $2k$ touches d'un collecteur, comme s'il s'agissait des sections d'une armature de machine à courant continu.

» Deux balais diamétralement opposés s'appuieront constamment sur ce collecteur, en tournant par rapport à lui avec la vitesse α .

» Supposons qu'à l'époque t , le premier balai s'appuie sur la touche du collecteur, d'où part le point d'entrée de la section où la la force électromotrice développée a pour expression

$$e = \frac{1}{2} v \varepsilon \cos 2\pi(\alpha t - \beta).$$

» La force électromotrice E développée entre les deux balais sera égale à

$$E = \frac{1}{2} v \varepsilon \left[\cos 2\pi(\alpha t - \beta) + \cos 2\pi\left(\alpha t - \beta - \frac{1}{2k}\right) + \dots + \cos 2\pi\left(\alpha t - \beta - \frac{k-1}{2k}\right) \right].$$

» Mais, par suite du mouvement des balais, la phase doit être considérée ici comme une fonction de temps.

» Si le sectionnement du transformateur était poussé à l'infini, le nombre β croîtrait proportionnellement au temps et augmenterait de 1 en un temps $\frac{1}{\alpha}$.

» On pourrait poser alors, en désignant par C une constante ne

dépendant que du calage des balais $\beta = \alpha t - C$,

$$E = \frac{3}{2} v \varepsilon \left[\cos 2\pi C + \dots + \cos 2\pi \left(C - \frac{k-1}{2k} \right) \right],$$

$$E = \frac{3}{2} v \varepsilon \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2k}} \cos 2\pi \left(C - \frac{1}{4k} \right).$$

» Cette force électromotrice serait constante.

» En réalité, le nombre β variera par à-coup de quantités égales à $\frac{1}{2k}$ et la force électromotrice E , au lieu d'être continue, repassera seulement par les mêmes valeurs au bout de temps égaux à $\frac{\pi}{2k\alpha}$, mais elle variera d'autant moins que le nombre k sera plus grand.

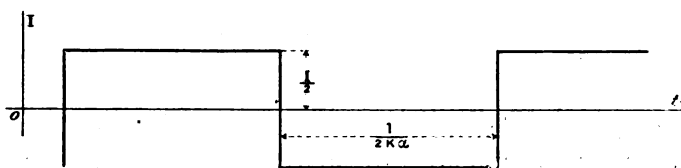
» Cette force électromotrice sera semblable à celle que développent les machines à courant continu.

» Si l'on ferme les balais sur un circuit extérieur, celui-ci sera parcouru par un courant continu d'intensité J .

» Les k sections aboutissant à des touches situées d'un même côté de la ligne des balais seront parcourues par un courant d'intensité $\frac{J}{2}$ et les k autres le seront par un courant d'intensité $-\frac{J}{2}$.

» *Loi suivant laquelle variera l'intensité du courant débité par chacune des sources de force électromotrice.* — Le courant qui traverse les sections du circuit secondaire aura une intensité constante mais qui changera brusquement de sens deux fois par période, comme il est représenté sur la fig. 55.

Fig. 55



» Les époques des changements de sens varieront successivement de quantités égales à $\frac{1}{2k\alpha}$, lorsqu'on passera d'une section à la suivante.

» Si les circuits magnétiques des noyaux tels que ceux désignés plus haut par X, Y, Z ont une grande perméabilité, on peut sup-

poser, sans erreur sensible, que le nombre d'ampères-tours développé par le circuit primaire soit, à chaque instant, égal et de signe contraire au nombre d'ampères-tours développé par le circuit secondaire.

» Considérons les k circuits primaires branchés entre le point neutre et la source $H_1 = H \sin 2\pi\alpha t$ qui entourent les mêmes noyaux que les k sections situées d'un même côté de la ligne des balais. Soient : $i_\beta, i_{\beta+1}, \dots, i_{\beta+(k-1)}$ les intensités des courants qui les traversent.

» Leurs nombres de spires seront

$$N_1^\beta = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi\beta}, \quad N_1^{\beta+1} = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{2k}\right)}, \quad \dots,$$

$$N_1^{\beta+(k-1)} = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi\left(\beta + \frac{k-1}{2k}\right)}.$$

On doit avoir

$$N_1^\beta i_\beta = N_1^{\beta+1} i_{\beta+1} = \dots = N_1^{\beta+(k-1)} i_{\beta+(k-1)} = \frac{J}{2},$$

d'où

$$i_\beta = \frac{J}{2} \frac{\nu\varepsilon}{H} \sin 2\pi\beta, \quad i_{\beta+1} = \frac{J}{2} \frac{\nu\varepsilon}{H} \sin\left(\beta + \frac{1}{2k}\right), \quad \dots,$$

$$i_{\beta+k-1} = \frac{J}{2} \frac{\nu\varepsilon}{H} \sin\left[\beta + \frac{(k-1)}{2k}\right].$$

» La somme de ces courants sera

$$\frac{1}{2} I_1 = \frac{J}{2} \frac{\nu\varepsilon}{H} \left[\sin 2\pi\beta + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{2k}\right) + \dots + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{k-1}{2k}\right) \right],$$

ou

$$\frac{1}{2} I_1 = -\frac{J}{2} \frac{\nu\varepsilon}{H} \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2k}} \sin 2\pi\left(\beta - \frac{1}{4k}\right).$$

On trouverait que la somme des courants fournis aux k autres circuits primaires alimentés par la source de force électromotrice H_1 est égale à la précédente. Le débit total de cette source est donc, à l'époque t ,

$$I_1 = -J \frac{\nu\varepsilon}{H} \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2k}} \sin 2\pi\left(\beta - \frac{1}{4k}\right),$$

» Mais, puisque les balais tournent, la quantité β est une fonction

du temps. Si le sectionnement du circuit secondaire était poussé à l'infini, on aurait encore

$$\beta = \alpha t - C,$$

d'où

$$I_1 = -J \frac{v\varepsilon}{H} \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2k}} \sin 2\pi \left(\alpha t - C - \frac{1}{4k} \right).$$

» On aurait de même, en désignant par I_2 et I_3 les débits des sources des forces électromotrices H_2 et H_3 ,

$$I_2 = -J \frac{v\varepsilon}{H} \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2k}} \sin 2\pi \left(\alpha t - C + \frac{1}{3} - \frac{1}{4k} \right),$$

$$I_3 = -J \frac{v\varepsilon}{H} \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2k}} \sin 2\pi \left(\alpha t - C + \frac{2}{3} - \frac{1}{4k} \right).$$

» Donc, si le sectionnement du circuit secondaire était poussé à l'infini, les trois sources de forces électromotrices débiteraient des courants dont l'intensité varierait suivant une loi sinusoïdale.

» En réalité, la loi de variation de ces courants devra être représentée, comme lorsqu'on se servait de la première méthode, par une ligne brisée se développant autour d'une sinusoïde et tendant à se confondre d'autant plus avec elle que le sectionnement du circuit secondaire du transformateur est poussé plus loin.

» *Comparaison de ce système avec le précédent.* — Les deux systèmes que nous venons de décrire jouissent de cette propriété, que les circuits secondaires de leurs transformateurs peuvent débiter des courants continus, alors que le réseau qui alimente leurs circuits primaires n'a à fournir que des courants de forme sinusoïdale.

» Dans les appareils du premier système, la carcasse magnétique des transformateurs et leurs circuits primaires sont identiques à ceux des transformateurs ordinaires à courants polyphasés. Toutes les difficultés de construction sont reportées sur les circuits secondaires.

» Comme on le verra plus loin, il faut que les fuites magnétiques des transformateurs soient aussi réduites que possible. Pour cela il est nécessaire que les diverses bobines, de nombres de spires différents enroulées sur un même noyau, soient de même longueur et superposées. Cela est facile tant que leur nombre n'est pas très

considérable, c'est-à-dire tant que le sectionnement du circuit secondaire du transformateur n'est pas poussé trop loin.

» Dans le deuxième système, au contraire, la réalisation du circuit secondaire n'offrira aucune difficulté, quel que soit son sectionnement. Mais, lorsqu'on aura affaire à des appareils de médiocre puissance, les circuits primaires des plus petits transformateurs élémentaires qui entreront dans leur constitution devront comporter un très grand nombre de spires de fil très fin. Cet inconvénient disparaîtra de lui-même dès que la puissance de l'appareil augmentera.

» Il en résulte que le premier système s'appliquera surtout à la réalisation d'appareils de puissance modérée (nous en avons fait de 100 kilowatts qui sont de construction très simple et fonctionnent bien) et le second aux appareils de grande puissance.

» On pourrait d'ailleurs concevoir une infinité de systèmes mixtes intermédiaires entre les deux précédents. Nous aurons tout à l'heure l'occasion d'en décrire un, qui nous paraît donner la meilleure solution pratique.

V.

DE LA COMMUTATION DANS LES TRANSFORMATEURS-REDRESSEURS A COURANTS POLYPHASÉS.

» Nous allons étudier les phénomènes dont est le siège toute section mise en court-circuit par les balais.

» I. APPAREILS DU PREMIER SYSTÈME.

» *a. Coefficient de self-induction d'une section du circuit secondaire.*

— Considérons une section quelconque du circuit secondaire.

» Elle comportera $\nu \sin x$ spires autour du noyau $X_1 Y_1$ (*fig. 52*), $\nu \sin\left(x + \frac{2\pi}{3}\right)$ spires autour du noyau $X_2 Y_2$, et $\nu \sin\left(x + \frac{4\pi}{3}\right)$ spires autour du noyau $X_3 Y_3$.

» Appelons p un coefficient de perméabilité qui sera le même pour toutes les sections des bobines secondaires. Le coefficient de self-induction l_1 de la section considérée sera égal à

$$l_1 = 4\pi p \nu^2 \left[\sin^2 x + \sin^2\left(x + \frac{2\pi}{3}\right) + \sin^2\left(x + \frac{4\pi}{3}\right) \right],$$

ou, en posant

$$l = 4\pi p \nu^2, \quad l_1 = \frac{3}{2} l.$$

» Le coefficient de self-induction est donc constant, quel que soit le rang de la bobine.

» *b. Coefficient d'induction mutuelle d'une section mise en court-circuit avec l'ensemble des sections demeurées en circuit.* — Lorsque la section considérée tout à l'heure sera mise en court-circuit par un balai, les nombres de spires des sections demeurées en circuit seront :

» 1° Autour du noyau X, Y_1 ,

$$\nu \left\{ \sin \left(x + \frac{\pi}{k} \right) + \sin \left(x + \frac{2\pi}{k} \right) + \dots + \sin \left[x + (k-1) \frac{\pi}{k} \right] \right\} = \frac{\nu}{\operatorname{tang} \frac{2k}{\pi}} \cos x;$$

» 2° Autour du noyau X_2, Y_2 ,

$$\nu \left\{ \sin \left(x + \frac{2\pi}{3} + \frac{\pi}{k} \right) + \sin \left(x + \frac{2\pi}{3} + \frac{2\pi}{k} \right) + \dots + \sin \left[x + \frac{2\pi}{3} + (k-1) \frac{\pi}{k} \right] \right\} \\ = \frac{\nu}{\operatorname{tang} \frac{\pi}{2k}} \cos \left(x + \frac{2\pi}{3} \right);$$

» 3° Autour du noyau X_3, Y_3 ,

$$\nu \left\{ \sin \left(x + \frac{4\pi}{3} + \frac{\pi}{k} \right) + \sin \left(x + \frac{4\pi}{3} + \frac{2\pi}{k} \right) + \dots + \sin \left[x + \frac{4\pi}{3} + (k-1) \frac{\pi}{k} \right] \right\} \\ = \frac{\nu}{\operatorname{tang} \frac{\pi}{2k}} \cos \left(x + \frac{4\pi}{3} \right).$$

» Le coefficient d'induction mutuelle de la section mise en court-circuit avec les sections considérées sera donc

$$\frac{4\pi p \nu^2}{\operatorname{tang} \frac{2}{2k}} \left[\sin x \cos x + \sin \left(x + \frac{2\pi}{3} \right) \cos \left(x + \frac{2\pi}{3} \right) \right. \\ \left. + \sin \left(x + \frac{4\pi}{3} \right) \cos \left(x + \frac{4\pi}{3} \right) \right] = 0.$$

» Il sera constamment nul.

» *c. Coefficient d'induction mutuelle d'une section avec les circuits primaires.* — Les circuits primaires ayant chacun N spires, les coefficients d'induction mutuelle m_1^x, m_2^x, m_3^x de la section considérée

avec les trois circuits primaires auront pour expression

$$m_1^x = 4\pi p v N \sin x,$$

$$m_2^x = 4\pi p v N \sin\left(x + \frac{2\pi}{3}\right),$$

$$m_3^x = 4\pi p v N \sin\left(x + \frac{4\pi}{3}\right).$$

» *d. Intensité du courant dans les sections mises en court-circuit.* —

Nous désignerons par L le coefficient de self-induction de chacun des circuits primaires; par Λ celui de chacune des branches du réseau qui alimente le transformateur, et par r la résistance d'une section.

» Nous appellerons

$$H_1 = H \sin 2\pi(\alpha t - \psi),$$

$$H_2 = H \sin 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{1}{3}),$$

$$H_3 = H \sin 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{2}{3})$$

les trois forces électromotrices développées aux bornes des trois circuits primaires :

j l'intensité du courant dans la section mise en court-circuit;

i_1, i_2, i_3 les intensités des trois courants primaires.

» Nous supposons négligeables les résistances de ces circuits, y compris celles des branches du réseau qui les alimente.

» Mais nous ne pourrions, sans erreur sensible, négliger de même la résistance de la section mise en court-circuit qui doit comprendre non seulement la résistance des câbles de connexion qui partent de ses deux extrémités pour aller au collecteur, mais aussi la résistance de contact des balais.

» Nous aurons donc les relations suivantes :

$$0 = rj + l_1 \frac{dj}{dt} + m_1^x \frac{di_1}{dt} + m_2^x \frac{di_2}{dt} + m_3^x \frac{di_3}{dt},$$

$$0 = (L + \Lambda) \frac{di_1}{dt} + m_1^x \frac{dj}{dt} + H_1,$$

$$0 = (L + \Lambda) \frac{di_2}{dt} + m_2^x \frac{dj}{dt} + H_2,$$

$$0 = (L + \Lambda) \frac{di_3}{dt} + m_3^x \frac{dj}{dt} + H_3;$$

d'où nous tirons

$$0 = rj + l_1 \frac{dj}{dt} - \frac{1}{L + \Lambda} [(m_1^x)^2 + (m_2^x)^2 + (m_3^x)^2] \frac{dt}{dt} \\ - \frac{1}{L + \Lambda} (m_1^x H_1 + m_2^x H_2 + m_3^x H_3).$$

» On a

$$[(m_1^x)^2 + (m_2^x)^2 + (m_3^x)^2] = \frac{3}{4} (4\pi p\nu N)^2 = \frac{3}{4} m^2, \\ m_1^x H_1 + m_2^x H_2 + m_3^x H_3 \\ = 4\pi p\nu H \left[\sin x \sin 2\pi(\alpha t - \psi) + \sin\left(x + \frac{2\pi}{3}\right) \sin 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{1}{3}) \right. \\ \left. + \sin\left(x + \frac{4\pi}{3}\right) \sin 2\pi(\alpha t - \psi + \frac{2}{3}) \right] \\ = \frac{3}{4} 4\pi p\nu H \cos 2\pi\left(\alpha t - \psi - \frac{x}{2\pi}\right).$$

» Par suite du mouvement des balais par rapport au collecteur, la quantité x variera brusquement de $\frac{\pi}{k}$ à la fin de chaque mise en court-circuit, soit au bout de temps égaux à $\frac{1}{2k\alpha}$. Pendant l'intervalle qui sépare les commencements de deux mises en court-circuit, la quantité $2\pi\alpha t$ se sera accrue de la même quantité. Il en résulte que la différence $\left(\alpha t - \psi - \frac{x}{2\pi}\right)$ aura toujours la même valeur au début de chaque mise en court-circuit.

» Donc, en désignant par f une nouvelle différence de phases qui ne dépendra que du calage des balais et en prenant toujours pour origine des temps le commencement de la mise en court-circuit considérée, on aura la relation

$$0 = rj + \frac{2}{3} \left(l - \frac{m^2}{L + \Lambda} \right) \frac{dj}{dt} + \frac{3}{4} m \frac{H}{L + \Lambda} \sin 2\pi(\alpha t - f).$$

» Si les noyaux des transformateurs ont une très grande perméabilité, on pourra négliger le coefficient Λ devant le coefficient L . L'équation précédente deviendra

$$0 = rj + \frac{3}{2} \left[\left(l - \frac{m^2}{L} \right) + \Lambda \frac{l}{L} \right] \frac{dj}{dt} + \frac{3m^2}{2L} H \sin 2\pi(\alpha t - f).$$

» Posons $\lambda = l - \frac{m^2}{L}$. Le terme λ représentera le coefficient de

self-induction dû aux fuites magnétiques de chaque section du circuit secondaire, c'est-à-dire aux flux engendrés par les bobines de cette section qui ne coupent pas la totalité des spires des circuits primaires montés sur les mêmes noyaux.

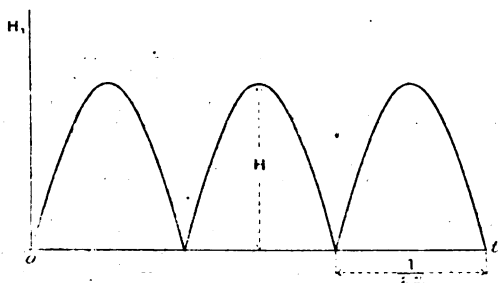
» Pour nous rendre compte de la signification physique des termes $\Lambda \frac{l}{L}$ et $\frac{m}{L}$, nous définirons de la manière suivante le rapport de transformation Z du transformateur.

» Supposons que l'on ait redressé la force électromotrice

$$H_1 = H \sin 2\pi\alpha t,$$

comme il est représenté sur la *fig. 56*.

Fig. 56.



» Nous aurons une force électromotrice toujours de même sens dont la valeur moyenne h_0 sera égale à

$$h_0 = 2\alpha H \int_0^{\frac{1}{2\alpha}} \sin 2\pi\alpha t \, dt = \frac{H}{\pi}.$$

» Appelons E la force électromotrice continue développée entre les balais; nous appellerons *rapport de transformation* le rapport

$$Z = \frac{E}{\frac{3}{2}h_0} = \frac{2}{3} \frac{\pi E}{H}.$$

Or si l'on désigne par ε la force électromotrice maximum développée dans chaque spire entourant l'un des noyaux du transformateur, l'on a

$$H = N\varepsilon,$$

$$E = \frac{3}{2} \frac{v\varepsilon}{\sin \frac{\pi}{2k}},$$

d'où

$$Z = \frac{2}{3} \frac{\pi E}{H} = \frac{\pi v}{N \sin \frac{\pi}{2k}}.$$

» L'angle $\frac{\pi}{2k}$ étant toujours petit, on peut, sans erreur sensible, remplacer la valeur du sinus par celle de l'arc. Il vient

$$\frac{v}{N} = \frac{Z}{2k}.$$

» On a très approximativement

$$\frac{l}{L} = \frac{v^2}{N^2}, \quad \frac{m}{L} = \frac{v}{N},$$

d'où

$$\frac{l}{L} = \frac{Z^2}{4k^2}, \quad \frac{m}{L} = \frac{Z}{2k}.$$

» L'équation qui donne l'intensité j , développée dans les spires en court-circuit, devient alors

$$0 = rj + \frac{3}{2} \left[\lambda + (Z)^2 \frac{\Lambda}{4k^2} \right] + \frac{3}{2} (Z) \frac{H}{2k} \sin 2\pi(\alpha t - f),$$

d'où la conclusion suivante :

» Au coefficient de transformation près, lorsque le circuit secondaire d'un transformateur-redresseur est divisé en $2k$ sections :

» 1° S'il n'y avait pas de fuites magnétiques dans le transformateur, les phénomènes de commutation, dans un transformateur-redresseur, seraient les mêmes que ceux qui se produiraient, à égalité de travail électrique fourni, dans la machine obtenue en transformant en dynamo à courant continu le ou les alternateurs à courants polyphasés qui alimentent le transformateur-redresseur et en divisant pour cela leurs armatures en $2k$ sections identiques.

» 2° En réalité, le coefficient de self-induction de chacune des sections de la machine ainsi obtenue devra être augmenté d'un coefficient supplémentaire représentant les fuites magnétiques de chaque section dans le transformateur.

» II. APPAREILS DU SECOND SYSTÈME.

» Soit $\frac{3}{2}\lambda$ le coefficient de self-induction dû aux fuites magnétiques de chacune des sections du circuit secondaire.

» Nous supposons que la perméabilité de tous les circuits magnétiques soit assez grande pour que l'on puisse considérer à chaque instant, comme égaux et de signes contraires, les nombres d'ampères-tours développés dans les circuits primaires et secondaires entourant chacun des noyaux.

» Considérons une section dont les trois bobines secondaires de ν spires sont enroulées sur les noyaux dont les circuits primaires ont les nombres de spires suivants :

$$N_1 = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi\beta}, \quad N_2 = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi(\beta + \frac{1}{3})}, \quad N_3 = \frac{H}{\varepsilon \sin 2\pi(\beta + \frac{2}{3})}.$$

» Nous savons qu'elle est le siège d'une force électromotrice

$$\frac{1}{3}\nu\varepsilon \cos 2\pi(\alpha t - \beta).$$

» Nous appellerons Λ le coefficient de self-induction de chacune des branches du réseau qui alimente l'appareil.

» Lorsque l'intensité, dans la section mise en court-circuit, variera de dj , les nombres d'ampères-tours développés par ces trois bobines varieront chacun de νdj .

» Les courants développés dans les trois circuits primaires de la section considérée subiront des variations d'intensité di_1 , di_2 , di_3 telles que l'on ait

$$N_1 di_1 = N_2 di_2 = N_3 di_3 = \nu dj,$$

d'où

$$di_1 = -dj \frac{\nu\varepsilon}{H} \sin 2\pi\beta,$$

$$di_2 = -dj \frac{\nu\varepsilon}{H} \sin 2\pi(\beta + \frac{1}{3}),$$

$$di_3 = -dj \frac{\nu\varepsilon}{H} \sin 2\pi(\beta + \frac{2}{3}).$$

Nous allons voir que ces courants ne pourront traverser les autres circuits primaires montés en dérivation avec ceux de la section considérée, à cause de leur self-induction, et se fermeront à travers les branches du réseau.

» Supposons le problème résolu.

» Les forces électromotrices développées, aux bornes de ces circuits primaires, par les variations d'intensité di_1 , di_2 , di_3 seront

respectivement égales à

$$\Lambda \frac{di_1}{dt}, \quad \Lambda \frac{di_2}{dt}, \quad \Lambda \frac{di_3}{dt}$$

ou à

$$-\frac{dj}{dt} \frac{\nu \varepsilon}{H} \Lambda \sin 2\pi\beta, \quad -\frac{dj}{dt} \frac{\nu \varepsilon}{H} \Lambda \sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{3}\right), \quad -\frac{dj}{dt} \frac{\nu \varepsilon}{H} \Lambda \sin 2\pi\left(\beta + \frac{2}{3}\right).$$

» Les dérivées des variations des flux développés dans les noyaux des sections en circuit seront proportionnelles à ces forces électromotrices et inversement proportionnelles aux nombres de spires des circuits primaires.

» Donc la somme des forces électromotrices développées dans les diverses sections secondaires demeurées en circuit sera égale à :

1° *Bobines enroulées sur des noyaux dont les circuits primaires sont alimentés par la première branche du réseau.*

$$\frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H}\right)^2 \Lambda \sin 2\pi\beta \left[\sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{2k}\right) + \dots + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{k-1}{2k}\right) \right].$$

2° *Bobines enroulées sur des noyaux dont les circuits primaires sont alimentés par la deuxième branche du réseau.*

$$\frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H}\right)^2 \Lambda \sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{3}\right) \left[\sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{3} + \frac{1}{2k}\right) + \dots + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{3} + \frac{k-1}{2k}\right) \right].$$

3° *Bobines enroulées sur des noyaux dont les circuits primaires sont alimentés par la troisième branche du réseau.*

$$\frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H}\right)^2 \Lambda \sin 2\pi\left(\beta + \frac{2}{3}\right) \left[\sin 2\pi\left(\beta + \frac{2}{3} + \frac{1}{2k}\right) + \dots + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{2}{3} + \frac{k-1}{2k}\right) \right].$$

» La somme de ces trois expressions est égale à

$$\frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H}\right)^2 \frac{\Lambda}{\tan \frac{\pi}{2k}} \left[\sin 2\pi\beta \cos 2\pi\beta + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{1}{3}\right) \cos 2\pi\left(\beta + \frac{1}{3}\right) + \sin 2\pi\left(\beta + \frac{2}{3}\right) \cos 2\pi\left(\beta + \frac{2}{3}\right) \right].$$

» Elle est identiquement nulle.

» Il en résulte qu'aucune force électromotrice ne sera développée dans les sections du circuit secondaire, demeurées en circuit. Elles ne pourront donc être le siège d'aucun courant susceptible de démagnétiser leurs noyaux, et leurs circuits primaires conserveront

toute leur self-induction, qui s'opposera, d'une manière presque absolue, au passage des courants di_1 , di_2 , di_3 .

» Comme nous savons que les problèmes de ce genre ne comportent qu'une solution, il nous suffit d'avoir vérifié celle que nous avons d'abord supposée exacte.

» Les forces électromotrices développées dans les trois bobines de la section mise en court-circuit sont respectivement égales à

$$\frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H} \right)^2 \Lambda \sin^2 2\pi\beta, \quad \frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H} \right)^2 \Lambda \sin^2 2\pi(\beta + \frac{1}{3}), \quad \frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H} \right)^2 \Lambda \sin^2 2\pi(\beta + \frac{2}{3}).$$

» Leur somme est égale à

$$\frac{3}{2} \frac{dj}{dt} \left(\frac{\nu \varepsilon}{H} \right)^2 \Lambda.$$

» La force électromotrice E développée entre les balais est égale

$$\text{à } E = \frac{3}{2} \frac{\nu \varepsilon}{\sin \frac{\pi}{2k}}.$$

» Appelons, comme dans le cas précédent, *rapport de transformation de l'appareil* le rapport

$$Z = \frac{E}{\frac{3}{2} \frac{\nu \varepsilon}{H}} = \frac{\pi}{\sin \frac{\pi}{2k}} \frac{\nu \varepsilon}{H},$$

ou, en remplaçant la valeur du sinus par celle de l'arc,

$$Z = 2k \frac{\nu \varepsilon}{H}, \quad \text{d'où} \quad \frac{\nu \varepsilon}{H} = \frac{Z}{2k}.$$

» Dans ces conditions, si nous désignons toujours par r la résistance d'une section, l'équation qui nous fera connaître les variations de l'intensité dans la section mise en court-circuit est

$$0 = rj + \frac{3}{2} \left[\lambda + (Z)^2 \frac{\Lambda}{4k^2} \right] \frac{dj}{dt} + \frac{3}{2} (Z) \frac{H}{2k} \sin 2\pi(\alpha t - f).$$

» Cette équation est identique à celle que nous avons trouvée dans le premier cas. Donc la commutation s'opérera de la même manière, quel que soit le système de transformateur-redresseur employé.

» Désormais, tout ce que nous allons dire sur ce sujet s'appliquera aux appareils de l'un et de l'autre système.

» On devra toujours s'efforcer de réaliser des transformateurs ayant aussi peu de fuites que possible. Cela sera généralement plus facile avec de petits qu'avec de grands appareils; c'est pourquoi il y aura avantage à employer le second système ou un système mixte, lorsqu'il s'agira de réaliser des appareils de grande puissance.

» On arrivera ainsi à rendre négligeable l'influence des fuites du transformateur sur les phénomènes de commutation.

» Mais il pourra arriver que la self-induction de l'armature de la génératrice soit trop grande, étant donné le nombre de sections du circuit secondaire du transformateur-redresseur, pour que la commutation se fasse bien. Il y aura intérêt alors à couper par des entrefers les circuits magnétiques des transformateurs. On ne pourra plus négliger le terme Λ devant le terme L et le coefficient de self-induction apparent de la section mise en court-circuit devra être remis sous la forme $\frac{3}{2} \left(l - \frac{m^2}{L + \Lambda} \right)$ que l'on peut écrire

$$\frac{3}{2} \left(\frac{l - \frac{m^2}{L}}{1 + \frac{\Lambda}{L}} + l \frac{\Lambda}{L + \Lambda} \right).$$

» Le terme $l - \frac{m^2}{L}$ représente le coefficient de self-induction dû à l'existence de fuites magnétiques, c'est-à-dire de flux qui font toujours un chemin considérable dans l'air; il sera peu affecté par l'introduction d'entrefers dans les circuits magnétiques du transformateur. Le terme Λ demeurera constant, le terme L sera fortement

diminué. Donc, l'expression $\frac{l - \frac{m^2}{L}}{1 + \frac{\Lambda}{L}}$ sera diminuée. Quant au terme

$l \frac{\Lambda}{L + \Lambda}$, qui représente l'influence de la self-induction des circuits de la génératrice sur les phénomènes de commutation, il diminue aussi avec la perméabilité des circuits magnétiques du transformateur et tend vers 0 avec elle.

» Cette diminution du terme $l \frac{\Lambda}{L + \Lambda}$ aurait pu être aussi bien obtenue en diminuant le coefficient Λ , ce à quoi on arriverait en augmentant l'entrefer de la génératrice, procédé auquel on a d'or-

dinaire recours dans les machines à courant continu, lorsque leur commutation ne se fait pas bien.

» Il revient donc au même de couper par un entrefer les circuits magnétiques ou d'augmenter celui de la génératrice. Les conséquences qui en résulteront pour le fonctionnement de cette dernière seront aussi les mêmes. En effet, elle devra fournir davantage de courants déwattés pour l'excitation du transformateur, et cela obligera à augmenter sa propre excitation, comme si l'on avait augmenté son propre entrefer.

» III. PARTICULARITÉS QUE PRÉSENTENT LES PHÉNOMÈNES DE COMMUTATION DANS CES APPAREILS.

» Nous avons vu que la commutation se ferait de la même manière que dans une machine à courant continu bipolaire dans laquelle l'intensité du champ, suivant un rayon, varierait de part et d'autre de la ligne neutre proportionnellement au sinus de l'angle que ferait ce rayon avec cette ligne et dont les diverses sections auraient un coefficient de self-induction $\frac{3}{2} \left[\lambda + (Z)^2 \frac{\Lambda}{4k^2} \right]$ et une résistance r .

» Il en résulte, en apparence, certaines difficultés. A l'encontre de ce qui se passe dans les machines à courant continu ordinaires dont les épanouissements polaires ne se rejoignent pas et sur les collecteurs desquelles on peut trouver, de part et d'autre de la ligne neutre, une région étendue où les différences de potentiel, entre deux touches consécutives, sont d'abord nulles, puis croissent très lentement, ces différences de potentiel ne seront jamais nulles et varieront très rapidement de part et d'autre de la ligne neutre.

» En premier lieu, il ne sera jamais possible de caler les balais de telle manière que la force électromotrice développée dans une section mise en court-circuit soit constamment nulle. En second lieu, si la machine avait une réaction d'induit considérable, les déplacements de la ligne neutre, qui seraient alors très sensibles, amèneraient de grandes variations dans la force électromotrice développée dans les sections mises en court-circuit. Il faudrait donc faire varier à chaque instant le calage des balais avec le débit de l'appareil.

» Lorsque le débit de l'appareil sera nul ou du moins très petit, et que les balais seront calés de manière qu'il n'y ait aucune étin-

celle, la force électromotrice développée dans les sections mises en court-circuit n'aura pu agir toujours dans le même sens, sans quoi le courant aurait acquis une valeur notable dans la section, à la fin de la mise en court-circuit, et sa rupture déterminerait des étincelles.

» Il faut donc que cette force électromotrice ait changé de signe en s'annulant, pendant la durée de la mise en court-circuit. Au commencement, elle tendra à y engendrer un courant ou à augmenter l'intensité de celui qui préexiste; après avoir changé de signe, elle annulera ce courant ou le ramènera à une grandeur égale et de signe contraire à sa valeur primitive.

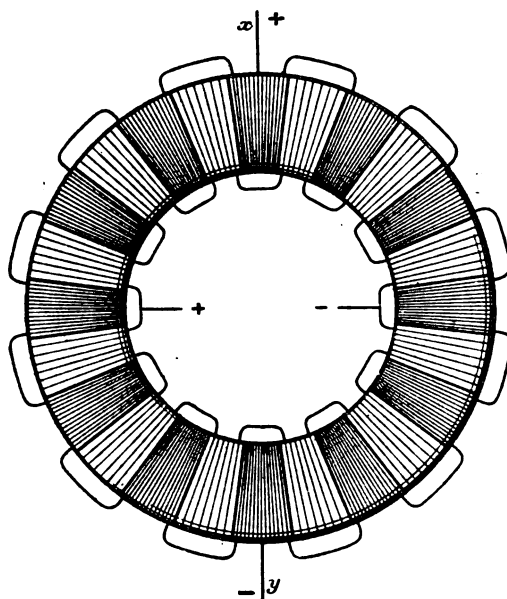
» Il y aura ainsi production d'un courant parasite dit *courant sous balais*, ce qui déterminera une perte d'énergie et l'échauffement du collecteur.

» Ces deux difficultés ne sont heureusement qu'apparentes. En effet : 1° nous avons vérifié expérimentalement que l'échauffement du collecteur dû au passage du *courant sous balais* était négligeable, lorsque l'arc recouvert sur le collecteur par les balais était inférieur à $\frac{1}{12}$ de celui compris entre les milieux des points de contact de deux paires de balais consécutives; 2° nous alimenterons avec des courants fournis par les circuits secondaires du transformateur-redresseur lui-même le moteur synchrone qui déterminera le mouvement de rotation des balais ou du collecteur. La phase du mouvement de ce moteur se réglera donc d'après celle des variations de voltage aux bornes des circuits secondaires et non d'après celle du mouvement des génératrices. Dans ces conditions, les balais se caleront automatiquement par rapport au collecteur, de manière que la force électromotrice développée dans les sections mises en court-circuit soit constante.

» Le décalage que devront subir les balais avec les variations de charge sera donc indépendant de la réaction d'induit des génératrices et des fuites du transformateur; il ne dépendra que du rapport du coefficient de self-induction de chaque section à sa résistance apparente et, par suite, sera d'autant plus faible que le sectionnement de l'appareil sera poussé plus loin. Il est facile de faire en sorte que ce décalage soit aussi déterminé automatiquement.

» Dans ce but, l'inducteur du moteur synchrone sera disposé en forme d'anneau, comme il est représenté sur la *fig. 57*, dans le cas d'une machine bipolaire. L'anneau porte deux séries de bobines alternées, les unes en fil fin, les autres en gros fil, distinguées par des hachures différentes sur la figure.

Fig. 57.



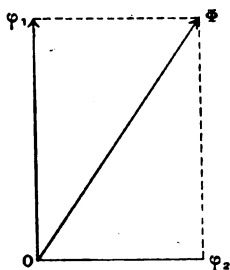
» Les bobines en fil fin sont groupées entre elles de manière à développer à la surface de l'anneau deux pôles + et — aux extrémités de la ligne xy . Elles constituent un circuit que l'on montera en dérivation entre les balais du collecteur. Les bobines à gros fil sont groupées de manière à développer deux pôles suivant une direction perpendiculaire à la direction xy . On y fait passer, sinon la totalité du courant recueilli entre les balais, du moins un courant dont l'intensité lui sera proportionnelle, en branchant ce deuxième circuit entre les extrémités d'une résistance intercalée dans le conducteur principal.

» Nous développerons ainsi deux flux perpendiculaires, dont l'un, $O\varphi_1$ (*fig. 58*), sera constant, et l'autre, $O\varphi_2$, sera proportionnel au débit de l'appareil.

» On voit immédiatement que la direction de la résultante $O\Phi$ variera avec le débit. Le mouvement du moteur prendra ainsi une

avance ou un retard sensiblement proportionnel au débit. Nous avons constaté expérimentalement qu'on arrivait de cette manière à rendre complètement automatique le calage des balais.

Fig. 58.



» IV. EXEMPLE DE RÉALISATION.

» Nous allons donner comme exemple un transformateur d'un système mixte. Nous espérons montrer ainsi combien il est facile, en s'appuyant sur les principes exposés ci-dessus, de réaliser des appareils comportant un grand nombre de circuits secondaires et dans lesquels les fuites magnétiques soient très réduites, bien que leur construction demeure des plus simples et que les poids de matières actives (fer et cuivre) entrant dans leur composition, rapportés à l'unité de puissance, soient à peine supérieurs à ceux des transformateurs ordinaires.

» *Transformateur-redresseur de 300 kilowatts. Courants primaires triphasés, tension simple 4000 volts, fréquence 50.* — Le courant secondaire continu, débité sous le voltage de 500 volts, doit servir à l'alimentation d'un réseau de tramway.

» 1° *Considérations préliminaires.* — Le débit de l'appareil devant varier constamment et par à-coups, par suite du service spécial auquel il est destiné, il est nécessaire que le calage des balais du redresseur n'ait pas à être modifié lorsque le débit de l'appareil varie de 0 à sa valeur maximum.

» Il faut donc que la commutation puisse être assurée sans qu'aucune force électromotrice ne soit développée dans les circuits fermés sur eux-mêmes, autre que celles dues aux différences de densité du courant sous un même balai du redresseur.

» Ces forces électromotrices doivent être très petites si l'on veut

non seulement qu'il n'y ait pas d'étincelles, mais aussi que le collecteur et les balais ne chauffent pas.

» Cela nous conduit à diviser en un grand nombre de sections le circuit secondaire du transformateur. Nous ferons leur nombre égal à 60.

» Supposons que la génératrice à courants triphasés ait d'abord été transformée en machine à courants de 60 phases régulièrement décalés les uns par rapport aux autres, les dimensions de sa carcasse et le poids de cuivre de son armature étant demeurés les mêmes, puis en machine à courant continu. Supposons enfin que l'on ait alors groupé les différentes spires de son armature de manière qu'il y ait une tension de 500 volts développée entre les balais.

» Nous savons que la commutation des courants secondaires que fournira le transformateur-redresseur se fera comme celle que fournirait la machine précédente dont les diverses sections de l'armature auraient en leur coefficient de self-induction augmenté du coefficient de self-induction correspondant aux fuites de chacun des circuits secondaires du transformateur.

» Nous ne connaissons pas les génératrices qui desserviront l'appareil que nous nous proposons d'étudier et nous ne savons pas si la commutation des courants qu'elles fourniraient, après avoir été transformées comme nous l'avons dit tout à l'heure, s'opérerait facilement. Mais tous les alternateurs ayant un grand nombre de pôles ont forcément des armatures à faible réaction d'induit : il est donc probable que le nombre de 60 divisions que nous avons choisi sera suffisamment élevé.

» Dans le cas où il ne le serait pas, nous aurions toujours la ressource de couper par des entrefers les noyaux magnétiques de nos transformateurs.

» Cette faculté que nous avons de diminuer artificiellement la réaction d'induit de la génératrice dont nous devons commuter les courants, après leur avoir fait subir diverses transformations, nous permet de réaliser notre transformateur-redresseur en toute sécurité, bien que nous ne connaissions pas la génératrice qui le desservira, car il sera toujours facile, en effet, de couper ses circuits magnétiques par des entrefers, si la nécessité s'en manifestait.

» Nous devons simplement nous efforcer de réaliser des trans-

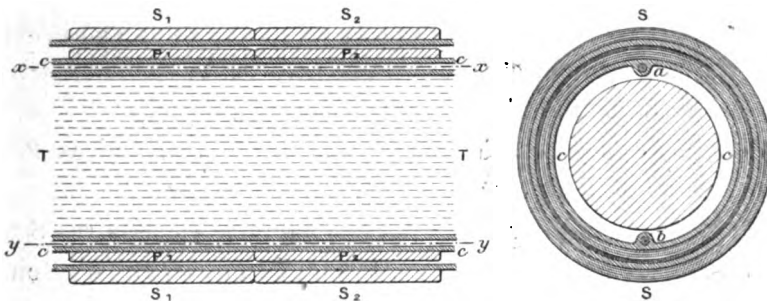
formateurs dont les circuits secondaires aient des coefficients de fuites aussi réduits que possible.

» 2° *Dispositions générales.* — Si nous donnions à l'appareil trois noyaux magnétiques et trois circuits primaires seulement, il faudrait faire réagir chaque circuit primaire sur les 60 bobines secondaires qui entoureraient le même noyau magnétique. Pour éviter la production de fuites magnétiques très préjudiciables, il faudrait que ces 60 bobines eussent leurs spires mélangées les unes aux autres de manière qu'on pût considérer ces bobines comme confondues.

» Ce résultat, facile à obtenir lorsque les circuits secondaires sont peu nombreux, ne le serait plus dans le cas actuel. Cela nous a conduits à la disposition suivante :

» 1° Les bobines des circuits secondaires seront simplement juxtaposées, mais à chacune d'elles correspondra un circuit primaire spécial, comme il est représenté sur la *fig. 59*.

Fig. 59.

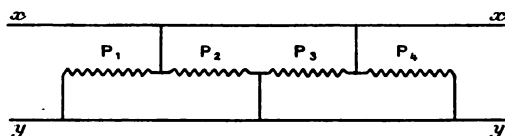


» Autour d'un noyau magnétique TT est disposée une carcasse en matière isolante cc, munie de deux appendices a et b. Ceux-ci constituent deux tubes en matière isolante dont les parois sont reliées, sans solution de continuité, à celles de la carcasse cc. Dans ces tubes sont logés deux conducteurs xx et yy, qui serviront à amener et ramener les courants qui doivent traverser les circuits primaires.

» Deux circuits primaires consécutifs P₁ et P₂ sont représentés sur la *fig. 59*. Les circuits de rangs impairs sont enroulés dans un sens et ceux de rangs pairs dans l'autre sens. Cela nous permet de les brancher sur les conducteurs xx et yy, comme il est représenté

sur la *fig. 60*. De cette manière, les points d'entrée et de sortie des courants seront toujours éloignés l'un de l'autre, et la multiplication des circuits primaires n'entraînera aucune difficulté spéciale d'isolation et n'occasionnera aucune perte de place.

Fig. 60.



» Grâce aux changements des sens d'enroulements, les flux développés dans le noyau TT par ces divers circuits primaires seront tous de même sens.

» Nous donnerons à tous ces circuits les mêmes nombres de spires, mais dont les sections seront différentes quand on passera d'un circuit primaire à un autre, car tous ces circuits ne seront pas parcourus par des courants de même intensité. Ces circuits, ayant les mêmes nombres de spires, engendreront tous des flux de même intensité : il n'y aura pas de point conséquent développé à la surface du noyau magnétique, et les choses se passeront comme si ce noyau était soumis à l'action d'un circuit primaire unique.

» Nous superposerons à chacun des circuits primaires P ainsi constitués la bobine secondaire S qu'il devra exciter.

» Dans ces conditions, les diverses bobines secondaires S pourront être impunément parcourues par des courants d'intensités différentes, chacun des circuits primaires développant un nombre d'ampères-tours très sensiblement égal et de signe contraire à celui développé par la bobine secondaire qui lui est superposée.

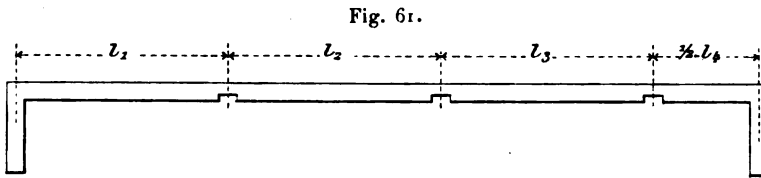
» En réalité, en juxtaposant n bobines secondaires et n circuits primaires, le long d'un même noyau, nous avons constitué n transformateurs distincts et avons seulement profité de ce que ces n transformateurs devaient être le siège des mêmes flux pour économiser les culasses qui auraient dû accompagner chacun de ces transformateurs.

» 2° Les bobines des circuits secondaires seront constituées de la manière suivante :

» Supposons qu'il s'agisse de faire une bobine de trois spires

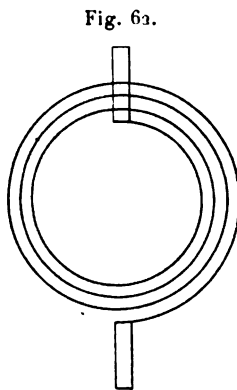
superposées; désignons par l_1 , l_2 , l_3 les longueurs des première, deuxième et troisième spires, et par l_4 celle qu'aurait une quatrième spire superposée aux trois autres.

» Nous prendrons une bande de cuivre ayant une hauteur et une épaisseur convenables et lui donnerons la longueur indiquée sur la *fig. 61*, après l'avoir munie à ses deux extrémités de prolongements faisant un angle droit avec sa direction.



» On pratiquera dans cette bande trois entailles, comme il est représenté sur la *fig. 61*. Ces entailles devront avoir les dimensions voulues pour qu'une pièce ayant le même équarrissage que les prolongements normaux de la barre puisse les traverser après avoir été recouverte d'un isolant d'épaisseur suffisante.

» Cela fait, on recouvrira la bande de cuivre d'un ruban de coton, puis on l'enroulera sur elle-même, comme il est représenté sur la *fig. 62*. Un cerclage extérieur en toile l'empêchera de se dérouler.



» Enfin, on repliera d'équerre les deux prolongements normaux. Celui qui aboutira au commencement de la première spire intérieure passera dans le canal formé par les diverses entailles qui seront venues se superposer.

» La bobine ainsi constituée formera une galette plate munie de

deux appendices diamétralement opposés qui serviront de point d'entrée et de sortie au courant, comme il est représenté sur la *fig. 63*.

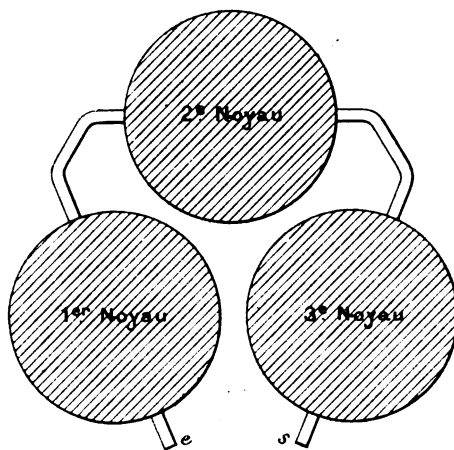
Fig. 63.



» Nous verrons plus loin que notre appareil comportera des bobines de 1 spire, 2 spires, 3 spires et 4 spires. Nous n'aurons donc à constituer que quatre types de bobines. Si le courant qui les traverse doit tourner dans un sens ou dans l'autre autour du noyau magnétique, nous le ferons entrer par la spire intérieure ou par la spire extérieure.

» Les trois noyaux du transformateur seront disposés en triangle. Dans ces conditions, on constituera un circuit secondaire de la manière la plus simple en disposant dans un même plan horizontal les trois bobines qui doivent le composer et en reliant leurs points d'entrée et de sortie, comme il est schématiquement représenté sur la *fig. 64*.

Fig. 64.



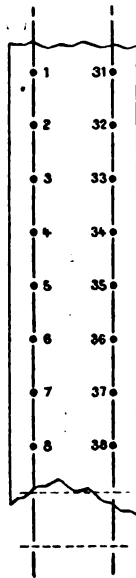
» Les extrémités *e* et *s* demeureront libres et serviront de points d'entrée et de sortie au circuit secondaire considéré.

» Les extrémités de tous les circuits secondaires devront être disposées sur une même face du transformateur, de manière à faciliter les connexions de ces divers circuits. Le point de sortie de chacun d'eux devra être relié au point d'entrée de celui qui le suivra et à l'une des prises de courant de l'appareil.

» Si l'on numérote 1, 2, 3, ..., 30, 31, ..., 60 les circuits consécutifs de l'appareil, on peut remarquer que les circuits 1 et 31 devront être constitués de la même manière, sauf que des courants de même direction devront tourner dans un sens dans le premier circuit et dans l'autre dans le second circuit. Ces deux circuits seront toujours parcourus par des courants de directions opposées : ils développeront donc les mêmes nombres d'ampères-tours autour des trois noyaux. Il est logique, dans ces conditions, de juxtaposer leurs bobines et de faire réagir sur elles les mêmes circuits primaires. En faisant de même pour les circuits 2-32, 3-33, nous n'aurons besoin que de 30 circuits primaires par noyau, au lieu de 60.

» Les prises de courant sur le transformateur se succéderont sur une même planchette dans l'ordre représenté sur la *fig. 65*. Cette

Fig. 65.



disposition présentera l'avantage que chaque barre de connexion de l'appareil et chacun des conducteurs allant de l'appareil au redresseur se trouveront juxtaposés à une barre de connexion ou à un conducteur toujours parcourus par un courant d'intensité égale et de signe contraire à celle de son propre courant.

» Dans ces conditions, il n'y aura aucun accroissement apprê-

ciable de l'impédance des circuits secondaires occasionné par la présence de ces barres de connexion ou de ces conducteurs.

» 3° *Détermination des nombres de spires des circuits secondaires.*

— En désignant par ν une constante, les nombres de spires des bobines secondaires qui entoureront un même noyau seront égaux à :

$$n_1 = \nu \sin 0, \quad n_2 = \nu \sin \frac{\pi}{30}, \quad n_3 = \nu \sin \frac{2\pi}{30}, \quad \dots, \quad n_n = \nu \sin \frac{29\pi}{30}.$$

» Le nombre maximum N de spires que comportera autour de chacun des noyaux le circuit secondaire aboutissant aux balais du redresseur sera égal à

$$N = \frac{\nu}{\sin \frac{\pi}{60}}.$$

» Si nous désignons par H la force électromotrice maximum développée dans toute spire entourant l'un des noyaux, nous savons que la force électromotrice développée entre les balais est égale à $\frac{3}{2}NH$; d'où, dans le cas actuel, en supposant que le voltage subisse une chute de 4 pour 100 lorsque le débit varie entre 0 et son maximum,

$$\frac{3}{2} \frac{\nu H}{\sin \frac{\pi}{60}} = 520.$$

» Dans les appareils de ce système qui ont été déjà exécutés, l'étude de leur dimensionnement nous a conduit à faire $H = 4,5$ environ. Conservons cette valeur : l'équation précédente nous donne

$$\nu = 4.$$

» Une bobine ne pouvant comporter qu'un nombre entier de spires, nous remplacerons les nombres

$$n_1 = \nu \sin 0, \quad n_2 = \nu \sin \frac{\pi}{30}, \quad \dots$$

par les nombres entiers plus grands ou plus petits qui s'en rapprocheront le plus. Nous arriverons ainsi aux nombres portés dans le Tableau suivant :

TABLEAU I.

Composition des trente premiers circuits secondaires.

Numéros des touches du collecteur entre lesquelles est branché le circuit considéré.	Nombre de spires de ce circuit autour du			Numéros des touches du collecteur entre lesquelles est branché le circuit considéré.	Nombres de spires de ce circuit autour du		
	premier noyau.	deuxième noyau.	troisième noyau.		premier noyau.	deuxième noyau.	troisième noyau.
1- 2.....	0	3	— 3	16-17.....	4	— 2	— 2
2- 3.....	0	3	— 4	17-18.....	4	— 2	— 2
3- 4.....	1	3	— 4	18-19.....	4	— 3	— 1
4- 5.....	1	3	— 4	19-20.....	4	— 3	— 1
5- 6.....	2	2	— 4	20-21.....	4	— 3	0
6- 7.....	2	2	— 4	21-22.....	3	— 3	0
7- 8.....	2	2	— 4	22-23.....	3	— 4	0
8- 9.....	3	1	— 4	23-24.....	3	— 4	1
9-10.....	3	1	— 4	24-25.....	3	— 4	1
10-11.....	3	0	— 4	25-26.....	2	— 4	2
11-12.....	3	0	— 3	26-27.....	2	— 4	2
12-13.....	4	0	— 3	27-28.....	2	— 4	2
13-14.....	4	— 1	— 3	28-29.....	1	— 4	3
14-15.....	4	— 1	— 3	29-30.....	1	— 4	3
15-16.....	4	— 2	— 2	30-31.....	0	— 4	3

» Le circuit branché entre les touches nos 31 et 32 sera composé comme le circuit branché entre les touches 1 et 2, sauf que les signes accompagnant les nombres de spires seront changés. De même le circuit branché entre les touches 32 et 33 sera composé comme le circuit branché entre les touches 2 et 3, ...

» Il sera convenu que, dans toutes les bobines dont le nombre de spires sera affecté du signe +, un courant de direction positive entrera par la première spire intérieure, par exemple, et qu'il entrera par la première spire extérieure dans toutes les bobines dont le nombre de spires sera affecté du signe —.

» 4° *Forces électromotrices développées dans l'appareil.* — La loi de variation des nombres de spires de nos diverses bobines secondaires ne se rapproche pas assez de la loi sinusoïdale théorique pour que nous puissions prendre, pour valeurs des forces électromotrices

développées dans les divers circuits de l'appareil, celles que nous donnerait le calcul, dans le cas où la loi de variation des nombres de spires serait parfaitement sinusoïdale.

» C'est pourquoi il convient de déterminer directement comment variera la somme des spires autour de chacun des noyaux du circuit secondaire compris entre les balais, lorsque ceux-ci se déplaceront par rapport au collecteur. Nous devons noter en même temps le nombre des spires autour de chaque noyau du circuit secondaire que les balais formeront sur lui-même, en s'appuyant sur deux touches consécutives du collecteur.

» Si nous savons quelle est la loi de variation de la tension aux bornes de chaque circuit, nous connaissons la loi de variation de la force électromotrice dans chaque spire entourant l'un des noyaux. Il sera facile alors de calculer les forces électromotrices développées à chaque instant dans les divers circuits de l'appareil.

» Les nombres des deux dernières colonnes du Tableau ci-contre se reproduisant périodiquement, il est inutile de le compléter.

» 5° *Correcteurs*. — La constante de la force électromotrice développée entre les balais du redresseur est très suffisamment assurée, mais il n'en est pas de même de celle développée dans les circuits fermés sur eux-mêmes et qui devrait toujours être nulle. Cela tient à ce que la loi de variation des nombres de spires des circuits secondaires n'est pas rigoureusement sinusoïdale.

» Comme cela aurait pour effet de rendre la commutation difficile, nous aurons recours à la disposition suivante, qui nous permettra de rendre constamment nulle la force électromotrice développée dans les circuits fermés sur eux-mêmes.

» Nous intercalerons dans les conducteurs qui relieront les prises de courant du transformateur à celles du redresseur les circuits secondaires de petits transformateurs, que nous appellerons *correcteurs*. Ces circuits sont représentés par des traits renforcés sur la *fig. 66*. A chaque instant, la somme des forces électromotrices développées dans les deux circuits secondaires de ces correcteurs, qui feront partie du circuit secondaire fermé sur lui-même du grand transformateur, devra être égale et de signe contraire à la force électromotrice développée dans ce dernier circuit.

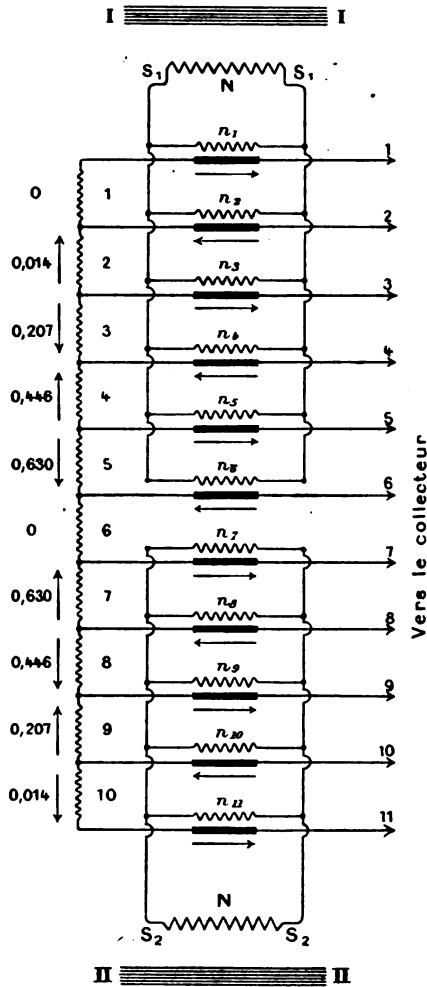
TABEAU N° II.

Forces électromotrices développées entre les balais du redresseur et dans les circuits fermés sur eux-mêmes par les balais, lorsque ces derniers se déplacent synchroniquement par rapport au collecteur, en supposant que la force électromotrice maxima développée dans chaque spire entourant l'un des noyaux soit égale à 1 volt et qu'elle varie, en fonction du temps, suivant une loi sinusoïdale.

Numéros des deux touches consécutives	Forces électromotrices développées			Nombre de spires en circuit autour du			Force électromotrice développée		
	dans chaque spire entourant le			en circuit autour du			entre		
	premier noyau.	deuxième noyau.	troisième noyau.	premier noyau.	deuxième noyau.	troisième noyau.	les balais du collecteur.	les circuits fermés sur eux-mêmes.	
1-2.....	1	-0,500	-0,500	76	-39	-39	115	0	
2-3.....	0,994	-0,598	-0,407	76	-45	-32	115,03	-0,014	
3-4.....	0,978	-0,669	-0,309	75	-51	-24	114,9	+0,207	
4-5.....	0,951	-0,743	-0,208	73	-57	-16	115,1	-0,446	
5-6.....	0,914	-0,809	-0,105	70	-62	-8	114,98	+0,630	
6-7.....	0,866	-0,866	0	66	-66	0	114,31	0	
7-8.....	0,809	-0,914	0,105	62	-70	8	114,98	-0,630	
8-9.....	0,743	-0,951	0,208	57	-73	16	115,1	+0,446	
9-10.....	0,669	-0,978	0,309	51	-75	24	114,9	-0,207	
10-11.....	0,588	-0,994	0,407	45	-76	32	115,03	+0,014	
11-12.....	0,500	-1	0,500	39	-76	39	115	0	
12-13.....	0,407	-0,994	0,588	32	-76	45	115,03	-0,014	
13-14.....	0,309	-0,978	0,669	24	-75	51	114,9	-0,207	
14-15.....	0,208	-0,951	0,743	16	-73	57	115,1	-0,446	
15-16.....	0,105	-0,914	0,809	18	-70	62	114,98	+0,630	

» Nous obtiendrons ce résultat de la manière suivante. Considérons les dix premiers circuits secondaires du grand transformateur branchés entre les touches 1-2, 2-3, ..., 10-11 du collecteur. Ces circuits sont numérotés 1, 2, 3, ..., 10 sur la *fig.* 66. Nous avons

Fig. 66.



porté à côté de ces chiffres d'autres nombres qui indiquent la grandeur de la force électromotrice développée dans chacun de ces circuits, pendant qu'il est fermé sur lui-même, et des flèches qui indiquent la direction de cette force électromotrice.

» Autour de chacun des deux premiers noyaux magnétiques du grand transformateur, nous disposerons des circuits S_1 , S_2 de

N spires. Les circuits primaires des six premiers correcteurs seront branchés en dérivation entre les extrémités du circuit S_1 . Les circuits primaires des cinq derniers correcteurs seront branchés en dérivation entre les extrémités du circuit S_2 .

» Nous appellerons $n_1, n_2, \dots, n_{11}$ les nombres de spires des circuits primaires des correcteurs et nous supposerons que les uns soient enroulés à droite et les autres à gauche. Ceux qui auront été enroulés à droite sont accompagnés, sur la figure, de flèches ayant une direction et ceux qui auront été enroulés à gauche, de flèches ayant la direction opposée.

» Nous supposerons provisoirement que tous les circuits secondaires des correcteurs n'aient qu'une spire.

» Lorsque le premier circuit secondaire du grand transformateur est fermé sur lui-même, nous voyons, en consultant le Tableau II, que la force électromotrice développée dans ce circuit est nulle et que celle développée dans le circuit S_1 est égale à N .

» La force électromotrice développée dans le circuit secondaire du premier correcteur est égale à $\frac{N}{n_1}$. Celle développée dans le circuit secondaire du second correcteur est égale à $\frac{N}{n_2}$. On doit donc avoir la relation

$$N \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) = 0.$$

» On aura de même, en tenant compte des sens d'enroulement :

Pour le deuxième circuit secondaire...	0,994	$N \left(-\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_3} \right) = -0,014$
» troisième » ...	0,978	$N \left(\frac{1}{n_3} + \frac{1}{n_4} \right) = 0,207$
» quatrième » ...	0,951	$N \left(-\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_5} \right) = -0,446$
» cinquième » ...	0,914	$N \left(\frac{1}{n_5} + \frac{1}{n_6} \right) = 0,630$
» sixième » ...	0,866	$N \left(-\frac{1}{n_6} - \frac{1}{n_7} \right) = 0$
» septième » ...	-0,914	$N \left(\frac{1}{n_7} + \frac{1}{n_8} \right) = -0,630$
» huitième » ...	-0,951	$N \left(-\frac{1}{n_8} - \frac{1}{n_9} \right) = 0,446$
» neuvième » ...	-0,978	$N \left(\frac{1}{n_9} + \frac{1}{n_{10}} \right) = -0,207$
» dixième » ...	-0,994	$N \left(-\frac{1}{n_{10}} - \frac{1}{n_{11}} \right) = 0,014$

» Ces équations nous donnent

$$n_1 = n_2 = \infty,$$

c'est-à-dire que les deux premiers correcteurs devront être supprimés

$$\begin{aligned} n_2 &= n_{11}, & n_3 &= n_{10}, & n_4 &= n_9, & n_5 &= n_8, & n_6 &= n_7, \\ n_3 &= 71 N, & n_4 &= 5,07 N, & n_5 &= 3,7 N, & n_6 &= 2,39 N. \end{aligned}$$

» On procédera de même pour les circuits 11, 12, ..., 20, mais en desservant leurs correcteurs au moyen de circuits de N spires enroulés sur les noyaux magnétiques II et III du grand transformateur.

» De même, on desservira les correcteurs des circuits 21, 22, ..., 30, au moyen de circuits de N spires enroulés sur les noyaux magnétiques III et I du grand transformateur.

» Les circuits 1 et 31, 2 et 32, 3 et 33, ... étant toujours le siège de forces électromotrices égales et de signes contraires, le même correcteur pourra servir pour les circuits de rangs n et $n + 30$. Nous n'aurons donc besoin que de 24 correcteurs.

» La présence des correcteurs n'influera pas sur la grandeur de la force électromotrice développée entre les balais du redresseur. En effet, les forces électromotrices développées dans deux barres de connexion aboutissant à des touches diamétralement opposées du collecteur (en supposant celui-ci bipolaire) seront toujours égales et de signes contraires.

» 6° *Nombre de spires de chacun des circuits primaires et section à donner aux noyaux magnétiques du grand transformateur.* — La force électromotrice moyenne développée entre les balais du redresseur est de 114,93 volts lorsque la force électromotrice maxima développée dans chaque spire entourant l'un des noyaux du transformateur est de 1 volt.

» En supposant que cette force électromotrice subisse une chute de 4 pour 100 lorsque le débit de l'appareil varie de 0 à son maximum, nous devons développer à vide 520 volts entre les balais du redresseur.

» La force électromotrice maxima développée dans chaque spire entourant l'un des noyaux devra donc être de $\frac{520}{114,93} = 4,53$ volts.

» Soit une force électromotrice efficace de $\frac{4,53}{\sqrt{2}} = 3^{\text{volts}},2$. Si le voltage simple des courants primaires est de 4000 volts, chaque circuit primaire devra comporter

$$\frac{4000}{3,2} = 1250 \text{ spires.}$$

» En supposant que la hauteur de chaque circuit primaire soit de 20^{cm} que le diamètre extérieur moyen des bobines secondaires soit de 35^{cm} et que chaque barre de connexion ait une surface extérieure de 300^{cm²}, la surface de refroidissement moyenne correspondante à une section de l'appareil sera de

$$35\pi \times 20 + 600 = 2800^{\text{cm²}}.$$

» En admettant qu'il faille 30^{cm²} de surface de refroidissement par watt, nous pourrons dépenser en moyenne dans chaque section du transformateur (fer et cuivre) 93,5 watts. Nous en dépenserons la moitié dans le fer, soit 47 watts.

» L'intensité maxima φ du flux développé dans le noyau sera donnée par l'équation

$$2\pi \times 50 \varphi = 4,53 \cdot 10^8,$$

d'où

$$\varphi = 1\,440\,000.$$

» En supposant que la perte par kilogramme dans le fer corresponde à celle qu'indique la courbe de M. Kapp relative au fer de bonne qualité, nous trouvons par tâtonnements qu'il convient de donner 250^{cm²} de section réelle à chaque noyau.

» Le poids du fer correspondant à une section est alors de

$$\frac{250 \times 20 \times 7,8}{1000} = 39^{\text{kg}}.$$

» L'induction spécifique développée est de

$$\frac{1\,440\,000}{250} = 5760 \text{ gauss.}$$

» La courbe de M. Kapp donne pour cette induction une perte totale de 1,20 watt par kilogramme de fer.

» Soit, pour la masse de fer correspondant à une section,

$$39 \times 1,2 = 46,7 \text{ watts.}$$

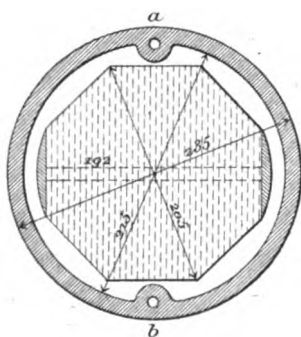
» 7° *Mode de constitution des circuits primaires.* — Ceux-ci sont situés à l'intérieur des circuits secondaires.

» Nous allons déterminer d'abord le diamètre de la carcasse sur laquelle ils seront enroulés.

» Nous supposons que la section faite dans un noyau soit octogonale et que le fer n'occupe que les 0,85 de cette section, le reste de la place étant pris par le papier.

» On trouve qu'un octogone ayant une surface de $\frac{250}{0,85} = 294^{\text{cm}}$ s'inscrit dans un cercle de 205^{mm} de diamètre, comme il est représenté ci-contre (*fig. 67*).

Fig. 67.



» Pour faciliter la circulation de l'air autour du noyau, nous laisserons entre lui et la carcasse un jeu minimum de 5^{mm} d'épaisseur. Enfin celle-ci sera constituée par un tube en carton muni de deux saillies *a* et *b* où seront logés les tubes renfermant les conducteurs d'arrivée et de sortie des courants primaires.

» Nous donnerons 10^{mm} d'épaisseur au tube constituant la carcasse. Son diamètre extérieur sera ainsi de 235^{mm}.

» *Intensité de courant dans les primaires.* — Chaque circuit primaire servira à exciter deux sections des secondaires appartenant, l'une au circuit 1 et l'autre au circuit 31, ou l'une au circuit 2 et l'autre au circuit 32, ...

» Suivant que ces sections secondaires auront 1, 2, 3 ou 4 spires, la somme des ampères-tours qu'elles développeront sera égale à 600, 1200, 1800 ou 2400 ampères-tours.

» Le nombre d'ampères-tours développé par chaque circuit primaire sera très sensiblement égal à ceux développés par les sections

qui les recouvrent. Nous pouvons donc dresser le Tableau suivant :

Nombre de spires des sections secondaires excitées par le circuit primaire considéré.	Intensité du courant dans le circuit primaire.
1.....	$\frac{600}{1250} = 0,48$ amp
2.....	$\frac{1200}{1250} = 0,96$
3.....	$\frac{1800}{1250} = 1,44$
4.....	$\frac{2400}{1250} = 1,92$

» Nous emploierons les fils suivants pour constituer ces divers circuits :

Intensité du courant.	Diamètre du fil nu.	Diamètre du fil recouvert.	Section.	Poids de 1 ^{km} de ce fil.	Résistance à chaud de 1 ^{km} de ce fil.
0,48	0,8 ^{mm}	1,3 ^{mm}	0,5027 ^{mq}	4,474 ^{kg}	38,1 ^{ohms}
0,96	1,2	1,7	1,1310	10,066	17,0
1,44	1,4	1,9	1,5394	13,700	12,4
1,92	1,6	2,1	2,0106	17,895	9,53

» Chaque circuit primaire sera divisé en 10 sections de 19^{mm} d'épaisseur, séparées par des rondelles isolantes de 1^{mm}. Ces circuits seront constitués de la manière suivante :

I. — Circuits en fil de 0^{mm},8.

On enroulera dans chaque section :

1° 8 couches de 14 spires.....	$8 \times 14 \times 10 = 1120$
2° 1 » de 13 »	$13 \times 10 = 130$
Total.....	1250

Épaisseur de l'enroulement : $1,3 \times 9 = 11^{\text{mm}},7$.

II. — Circuits en fil de 1^{mm},2.

On enroulera dans chaque section :

1° 11 couches de 11 spires.....	$11 \times 11 \times 10 = 1210$
2° 1 » de 4 »	$4 \times 10 = 40$
Total.....	1250

Épaisseur de l'enroulement : $1,7 \times 12 = 20^{\text{mm}},4$.

III. — Circuits en fil de 1^{mm},4.

On enroulera dans chaque section :

1°	12 couches de 10 spires		$12 \times 10 \times 10 = 1200$
2°	1 » de 5 »		$5 \times 10 = 50$
Total.....			1250

Épaisseur de l'enroulement : $1,9 \times 13 = 24^{\text{mm}},7$.

IV. — Circuits en fil de 1^{mm},6.

On enroulera dans chaque section :

1°	13 couches de 9 spires		$13 \times 9 \times 10 = 1170$
2°	1 » de 8 »		$8 \times 10 = 80$
Total.....			1250

Épaisseur de l'enroulement : $2,1 \times 14 = 29^{\text{mm}},4$.

» Les circuits en fil de 1^{mm},6 se reposeront directement sur la carcasse. Quant aux autres, afin de réduire les fuites au minimum, nous leur donnerons le même diamètre extérieur qu'à ceux-là, en enroulant d'abord des bandes de toile gomme-laquée sur la carcasse.

» Nous pouvons maintenant dresser le Tableau suivant :

Circuits en fil.	Diamètre de la spire moyenne.	Circonfé-rence de la spire moyenne.	Longueur de fil constituant le circuit.	Poids de ce fil.	Résistance à chaud du circuit.	Energie consommée en chaleur dans le circuit.
	^{mm}	^{mm}	^m	^{kg}	^{ohms}	^{watts}
De 0,8.....	282	886	1108	4,96	42,2	9,74
» 1,2.....	274	861	1076	11,48	18,3	16,82
» 1,4.....	269	845	1055	14,48	13,1	27,17
» 1,6.....	265	833	1040	18,62	9,93	36,56

» L'appareil comporte en tout :

12 circuits en fil de 0,8 ^{mm}
18 » » de 1,2
24 » » de 1,4
27 » » de 1,6

» Il faudra donc, pour constituer les circuits primaires :

$$\begin{array}{rcl}
 12 \times 4,474 & = & 53,6 \text{ de fil de } 0,8^{\text{mm}} \\
 18 \times 10,066 & = & 181,0 \text{ » de } 1,2 \\
 24 \times 13,700 & = & 329,0 \text{ » de } 1,4 \\
 27 \times 17,895 & = & 483,0 \text{ » de } 1,6 \\
 \hline
 & & 1046,6
 \end{array}$$

» La quantité d'énergie consommée en chaleur dans ces circuits sera

$$\begin{array}{rcl}
 12 \times 9,74 & = & 116,6^{\text{watts}} \\
 18 \times 16,82 & = & 303,0 \\
 24 \times 27,17 & = & 652,0 \\
 27 \times 36,56 & = & 988,0 \\
 \hline
 & & 2059,6
 \end{array}$$

» 8° *Correcteurs*. — Nous donnerons dix spires à chacun des circuits enroulés autour des noyaux du grand transformateur et qui sont destinés à exciter les correcteurs.

» Dans ces conditions si les circuits secondaires de ces appareils n'avaient qu'une spire, les nombres de spires des circuits primaires de ces derniers devraient être égaux à l'un des nombres suivants :

$$710; 50,7; 37; 23,9.$$

» La force électromotrice maxima développée dans les circuits de 10 spires étant de 45,3 volts, la force électromotrice développée dans chaque spire entourant le noyau magnétique d'un correcteur serait égale à l'un des nombres suivants :

$$\frac{45,3}{710} = 0,064, \quad \frac{45,3}{50,7} = 0,894, \quad \frac{45,3}{37} = 1,222, \quad \frac{45,3}{23,9} = 1,897.$$

» Mais pour réaliser les trois derniers transformateurs, il faudrait employer un poids de fer exagéré; c'est pourquoi nous donnerons :

1 spire	au circuit secondaire du premier correcteur,		
3 spires	»	»	deuxième »
3 spires	»	»	troisième »
5 spires	»	»	quatrième »

» Les nombres de spires de leurs circuits primaires devront être

multipliés de la même manière et deviendront égaux à

710	pour le premier	correcteur,
152	»	deuxième »
111	»	troisième »
119	»	quatrième »

» Les intensités des flux dans les noyaux magnétiques des correcteurs seront les suivantes :

Premier correcteur.....	20300
Deuxième »	95000
Troisième »	130000
Quatrième »	121000

» Nous donnerons à tous leurs noyaux une même section de 24^{cm^2} .

» Il passera, dans chaque bobine secondaire, un courant de 600 ampères pendant $\frac{1}{30}$ du temps.

» L'échauffement sera le même que s'il y passait d'une manière continue un courant de $\frac{600}{\sqrt{30}} = 110$ ampères.

» Chaque circuit primaire excitant deux circuits secondaires, le nombre d'ampères-tours développé engendré par chacun d'eux sera, pendant $\frac{1}{30}$ du temps égal à :

1200	pour le premier	correcteur,
3600	»	deuxième »
3600	»	troisième »
6000	»	quatrième »

» Mais, au point de vue de l'échauffement, les choses se passeront comme si ces nombres d'ampères-tours étaient constamment égaux à 220, 660, 660 et 1100.

» Dans ces conditions, les sections des fils des circuits primaires des correcteurs devront être déterminées comme s'ils devaient être parcourus par des courants de

$\frac{220}{710} = 0,31$	amp	pour le premier	correcteur.
$\frac{660}{152} = 4,34$	»	deuxième	»
$\frac{660}{111} = 5,95$	»	troisième	»
$\frac{1100}{119} = 9,2$	»	quatrième	»

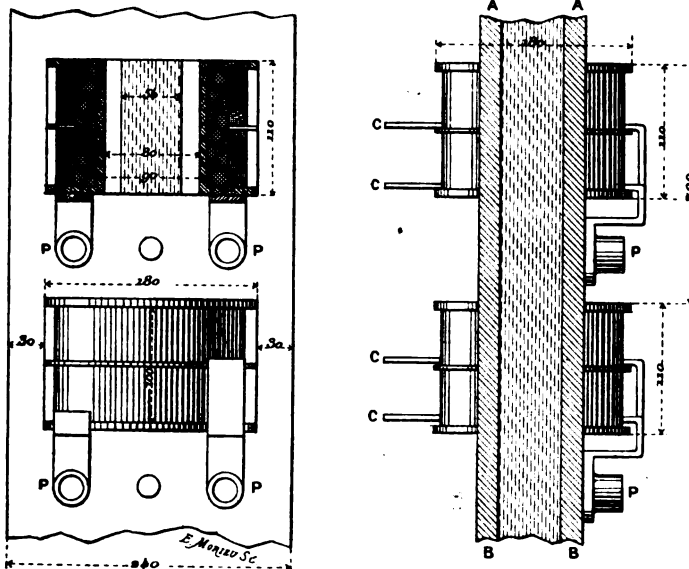
» Nous emploierons du fil de

0,7	mm	de diamètre pour le circuit primaire du premier correcteur.
2,4	»	» deuxième »
2,8	»	» troisième »
3,5	»	» quatrième »

» Nous disposons maintenant des éléments nécessaires pour déterminer les dimensions de ces appareils.

» Leurs carcasses seront constituées par des bandes de tôle superposées et maintenues serrées par des plaques de fonte AB, AB (*fig. 68*). Dans le bloc ainsi formé seront pratiqués des évide-

Fig. 68.



ments de section rectangulaire (110×170) où l'on viendra loger les noyaux de section carrée et les bobines qui devront les entourer.

» On déduit des dimensions cotées sur la *fig. 68*

Poids de tôle par appareil.....	12 ^{kg}
Poids total de tôle pour les 24 correcteurs.....	288 ^{kg}

» Les circuits primaires seront ainsi disposés :

Premier correcteur : fil de 0^{mm},7 ayant un diamètre de 1^{mm},2 avec sa couverture.

8 couches de 83 spires.

1 » 46 »

Épaisseur de l'enroulement 10^{mm},8.

Deuxième correcteur : fil de 2^{mm},4 ayant un diamètre de 3^{mm} avec sa couverture.

4 couches de 33 spires.

1 » 20 »

Épaisseur de l'enroulement 15^{mm}.

Troisième correcteur : fil de 2^{mm},8 ayant un diamètre de 3^{mm},4 avec sa couverture

3 couches de 29 spires.

1 » 24 »

Épaisseur de l'enroulement 13^{mm},6.

Quatrième correcteur : fil de 3^{mm},5 ayant un diamètre de 4^{mm},1 avec sa couverture

4 couches de 28 spires.

1 » 7 »

Épaisseur de l'enroulement 20^{mm},5.

» Nous pouvons dresser le Tableau suivant :

Circuits en fil.	Diamètre de la spire moyenne.	Circonfé- rence de la spire moyenne.	Longueur de fil constituant le circuit.	Poids de ce fil.	Résistance à chaud du circuit.	Energie consommée en chaleur dans le circuit.
De 0,7	101 ^{mm}	317,3 ^{mm}	226 ^m	0,780 ^{kg}	11,3 ^{ohms}	1,09 ^{watts}
» 2,4	105	329,9	51	2,060	0,216	4,08
» 2,8	104	326,7	37	2,030	0,115	4,08
» 3,5	111	348,7	42	3,600	0,084	7,13

» Il y a six correcteurs de chaque espèce.

» Le poids total de fil employé pour les circuits primaires est de 51^{kg}.

» La quantité de chaleur totale dégagée dans ces circuits est de 98,3 watts.

» Les bobines des circuits secondaires seront confectionnées comme celles du grand transformateur.

» On emploiera, dans ce but, des bandes de cuivre de 3^{mm} d'épaisseur, larges de 48^{mm}. La longueur du prolongement normal servant à l'entrée du courant sera de 150^{mm}. La longueur moyenne du prolongement, allant aboutir à une des prises de courant de l'appareil, sera de 20^{cm}.

» Nous arriverons aux résultats consignés dans le Tableau sui-

vant, en supposant les spires séparées les unes des autres par un isolant épais de 1^{mm} :

Nombre de spires.	Diamètre moyen d'une spire.	Circonférence de la spire moyenne.	Longueur de la bande employée par correcteur.	Poids de cette bande.	Résistance à chaud par circuit.	Énergie consommée en chaleur dans les circuits secondaires du correcteur.
	mm	mm	m	kg	microhms	watts
1	121	380,1	1,84	2,36	128	3,1
3	137	430,4	3,71	4,75	258	6,25
3	137	430,4	3,71	4,75	258	6,25
5	158	499,5	5,50	7,05	490	11,85

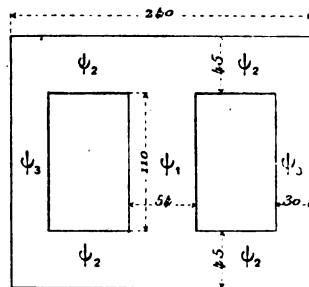
Poids total de bande de cuivre de 48^{mm} × 3^{mm} employée

dans les correcteurs et leurs connexions..... 113^{kg},5

Chaleur dégagée dans ces bandes de cuivre..... 165 watts

» *Perte d'énergie dans le fer.* — Désignons par ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 les différentes valeurs maxima que l'induction peut acquérir dans les

Fig. 69.



diverses parties de la carcasse d'un correcteur. Nous trouvons, d'après ce qui précède :

Correcteur.	ψ_1 .	ψ_2 .	ψ_3 .
N° 1	825	737	494
N° 2	3850	3440	2530
N° 3	5260	4720	3160
N° 4	4900	4390	2950

» Dans tous les correcteurs :

Le poids total des tôles où l'induction maxima est ψ_1 est égal à...	kg
»	ψ_2 ... 2,12
»	ψ_3 ... 2,37
»	... 7,70

» En nous servant de la courbe de M. Kapp donnant la perte totale dans 1^{kg} de fer en fonction de l'induction, dont il a été fait usage précédemment, nous trouvons que la perte totale d'énergie dans le fer de nos correcteurs est de 128 watts.

» La perte totale d'énergie dans les correcteurs est donc de 392 watts.

» 9° *Circuits destinés à alimenter les correcteurs.* — Nous ferons ces circuits au nombre de six, chacun d'eux alimentant quatre correcteurs. Les courants qu'ils fourniront auront successivement pour intensité, pendant quatre intervalles de temps consécutifs égaux à $\frac{1^s}{3000}$,

$$1^{amp},69; \quad 23^{amp},7; \quad 32^{amp},4; \quad 50^{amp},4.$$

» Pendant les vingt-six intervalles de temps égaux à $\frac{1^s}{3000}$ qui suivront, leur intensité demeurera nulle, et ainsi de suite.

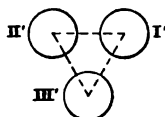
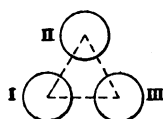
» Si l'on désigne par ρ leur résistance en ohms, la quantité de chaleur dégagée en eux par seconde est de

$$138,3\rho.$$

» Les choses se passent comme s'ils étaient parcourus par un courant continu ayant une intensité de $\sqrt{138^{amp},3} = 11^{amp},76$.

» Comme nous le verrons plus loin, pour ne pas donner une

Fig. 70.



hauteur exagérée à notre transformateur, nous seront conduits à le décomposer en deux appareils semblables que l'on disposera symé-

triquement par rapport au redresseur, comme il est représenté schématiquement sur la *fig. 70*.

» Le transformateur constitué par les noyaux I, II, III desservira les circuits secondaires :

1, 2, 3, ..., 15,
31, 32, 33, ..., 45,

et l'autre transformateur desservira les autres circuits.

» Nous disposerons un circuit de dix spires au-dessous de chacune des bobines secondaires de une spire désignées ci-dessous.

» Autour du noyau I :

1° Bobine faisant partie du circuit branché entre les touches 3 et 4 du collecteur.

» Autour du noyau II .

2° Bobine faisant partie du circuit branché entre les touches 9 et 10.

3° » » 13 et 14.

» Autour du noyau III' :

4° Bobine faisant partie du circuit branché entre les touches 19 et 20.

5° » » **23 et 24.**

» Autour du noyau I' :

6° Bobine faisant partie du circuit branché entre les touches 29 et 30.

» Le premier circuit desservira les correcteurs dont les circuits secondaires seront intercalés dans les barres de connexion allant aux touches 3, 4, 5, 6 du collecteur.

» Le deuxième circuit desservira les correcteurs des barres de connexion allant aux touches 7, 8, 9, 10.

» Le troisième circuit desservira les correcteurs des barres de connexion allant aux touches 13, 14, 15, 16.

» Le quatrième circuit desservira les correcteurs des barres de connexion allant aux touches 17, 18, 19, 20.

» Le cinquième circuit desservira les correcteurs des barres de connexion allant aux touches 23, 24, 25, 26.

» Le sixième circuit desservira les correcteurs des barres de connexion allant aux touches 27, 28, 29, 30.

» Chacun de ces circuits sera constitué par une bande de cuivre

épaisse de 1^{mm} et large de 18^{mm} , qui sera directement appliquée contre la carcasse isolante qui supportera les circuits secondaires.

» Cette carcasse aura un diamètre intérieur de 300^{mm} et une épaisseur de 6^{mm} . Elle sera en carton micanité.

» La longueur de chacune des spires des circuits que nous considérons sera de 947^{mm} .

» On a pour la résistance ρ , en tenant compte des connexions,

$$\rho = 0,014 \text{ ohm.}$$

» Le poids de cuivre nécessité par la confection de tous ces circuits sera de $10^{\text{kg}}, 66$.

» La quantité de chaleur qui y sera dégagée sera de

$$138,3 \times 0,014 \times 6 = 11,62 \text{ watts.}$$

» Mais la présence de ces circuits occasionnera un accroissement d'intensité dans les circuits primaires du transformateur qu'ils recouvriront.

» L'intensité, au lieu de demeurer constamment égale à $0,45$ ampère dans chacun de ces circuits, deviendra égale, pendant les quatre intervalles de temps de $\frac{1^{\text{s}}}{3000}$ considérés plus haut, à

$$0,493, \quad 0,670, \quad 0,740, \quad 0,884 \text{ ampère.}$$

» La perte d'énergie dans chacun de ces circuits, au lieu d'être de $9,74$ watts, comme nous l'avons calculée plus haut, sera égale à $11,3$ watts.

» Nous en tiendrons compte en évaluant la perte dans les 6 circuits de 10 spires à 21 watts au lieu de $11,62$.

» 10° *Circuits secondaires*. — Nous avons déjà dit comment on les disposerait.

» Nous les constituerons avec des bandes de cuivre de 95^{mm} de hauteur et de 4^{mm} d'épaisseur. L'isolant qui séparera deux spires d'une même bobine sera de 1^{mm} . Les bobines superposées seront séparées les unes des autres par des rondelles en carton de 4^{mm} d'épaisseur.

» Nous admettrons que les portions de bandes qui serviront à établir les connexions aient 25^{cm} de longueur. Elles devront être repliées de champ, dès qu'elles seront dégagées de dessous les bo-

bines afin que l'air puisse les lécher facilement comme des ailettes de calorifère.

» Dans ces conditions, la longueur totale, le poids et la résistance de chaque bobine seront les suivants :

Nombre de spires de la bobine.	Longueur totale de la bande.	Poids de cuivre de la bobine.	Résistance de la bobine.	Chaleur dégagée dans la bobine.
	m	kg	μ	watts
1	1,70	5,74	90	8,1
2	2,72	9,24	143	12,85
3	3,75	12,70	198	17,80
4	4,80	16,20	253	22,76

- » L'appareil comporte 24 bobines de 1 spire.
- » 36 » 2 spires.
- » 48 » 3 spires.
- » 54 » 4 spires.
- » Le poids de cuivre total du circuit secondaire est de
- 1955^{kg}.
- » La quantité de chaleur qui y est dégagée, de
- 2864 watts.

» 11° *Culasses*. — Elles seront disposées comme l'indique la

Fig. 71.

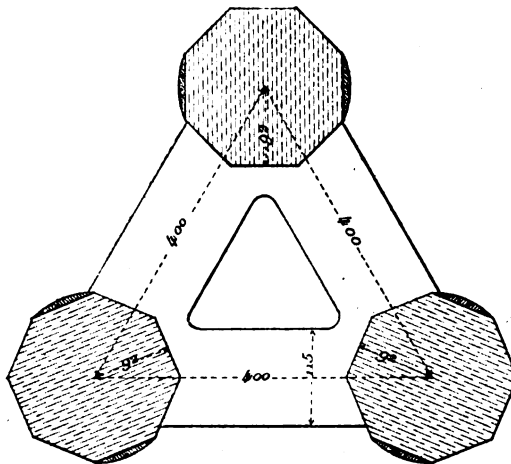


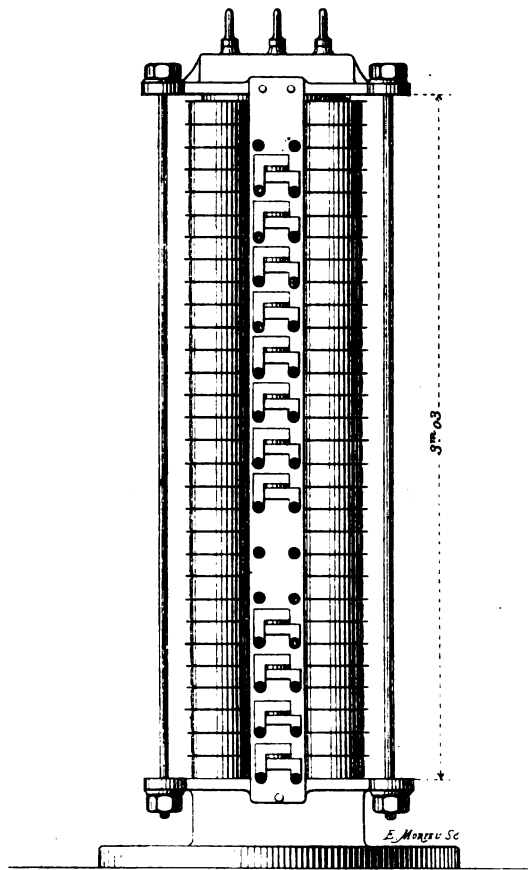
fig. 71, l'évidement central ayant pour but de faciliter la circulation de l'air au milieu de l'appareil.

» A égalité d'induction spécifique maximum, les sections des trois branches de la culasse devront être $\sqrt{3}$ fois plus petites que celle des noyaux, soit égales à $\frac{250}{\sqrt{3}} = 144^{\text{cm}}$.

» En tenant compte des cotes de la *fig. 13*, on trouve que le poids de chaque culasse est de 74^{kg} .

» La hauteur de chaque noyau du transformateur est de 303^{cm} .

Fig. 72.



Le poids total de tôles de fer employé dans la construction de l'appareil est de 3860^{kg} et l'induction spécifique maximum qui y est développée est constamment égale à 5760 .

» La perte totale d'énergie dans le fer est de

$$3860 \times 1,2 = 4640 \text{ watts.}$$

» 12° *Résumé*. — Le poids total de fer entrant dans la construction de l'appareil, correcteur compris, est de

$$4148^{\text{kg}},$$

soit $13^{\text{kg}}, 8$ par kilowatt.

» Le poids total de cuivre (fil et ruban) est de

$$3178^{\text{kg}},$$

soit $10^{\text{kg}}, 58$ par kilowatt.

» La perte totale d'énergie dans le transformateur est de

$$10000 \text{ watts};$$

son rendement est donc

$$\frac{300}{310} = 0,97.$$

» L'appareil se compose de deux transformateurs semblables dont l'un est représenté sur la vue d'ensemble de la *fig.* 72. Les correcteurs de chaque transformateur sont disposés, comme on le voit sur cette figure, sur une même planche métallique verticale qui porte en même temps les prises de courant et sert à entretoiser les deux chapeaux renfermant les culasses. »

M. le PRÉSIDENT exprime ses remerciements à M. Maurice Leblanc d'avoir bien voulu faire part à la Société de ses procédés si ingénieux et le félicite pour la simplicité méthodique de son exposition.

LA RÉACTION D'INDUIT DANS LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES ⁽¹⁾.

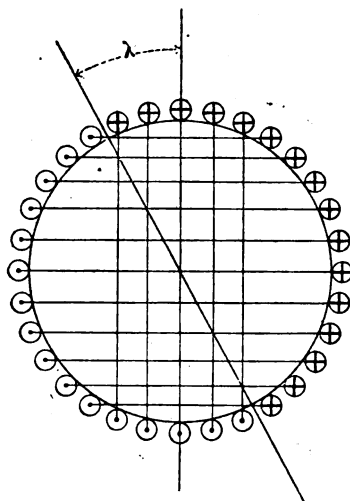
M. R.-V. PICOU. — « I. On appelle communément *réaction de l'induit* l'ensemble des phénomènes dus au passage du courant dans l'induit d'une machine dynamo-électrique.

» Au point de vue pratique, ils se traduisent par un abaissement de la différence de potentiel aux balais plus grand que celui dû à la résistance intérieure, et par la nécessité de modifier le calage des balais pour obtenir la commutation sans étincelles.

» On a établi entre ces deux phénomènes une relation de cause à effet et l'on a été amené à considérer, sur l'induit, des ampères-tours transversaux, ne produisant que la torsion du champ, et des ampères-tours longitudinaux, agissant en concordance ou en opposition avec ceux de l'inducteur.

» Le diagramme bien connu de la *fig. 1* représente l'illustration

Fig. 1.



de cette explication. Représentant par des cercles diversement notés la coupe des fils parcourus positivement et négativement, on remarque que les jonctions entre ces fils, hors de l'entrefer, peuvent

⁽¹⁾ Durant cette Communication, le fauteuil de la présidence est occupé par M. A. Hillairet, Vice-Président.

être établies arbitrairement sans changer l'action de ces fils sur la partie du circuit magnétique qui comprend l'entrefer et ses franges.

» On suppose alors, pour un angle de décalage λ , les jonctions verticales dans l'angle 2λ et horizontales pour le reste.

» Les ampères-tours compris dans l'angle 2λ représentent alors ceux qui agissent directement avec ou contre ceux des inducteurs.

» Cette manière d'analyser le phénomène a été présentée, croyons-nous, pour la première fois par MM. J. et E. Hopkinson (*Philosophical Transactions*, May 6, 1886.) A l'abri de cette autorité, elle a été reproduite par tous les auteurs qui ont écrit sur la matière depuis cette époque, et elle est devenue absolument classique.

» II. Nous avons cependant été amené à penser que cette explication n'est pas exacte, au moins avec la généralité qu'on lui donne. Si nous faisons exception des machines spécialement créées pour développer un courant constant sous une différence de potentiel très variable (machines Sperry, Wood, etc., pour arcs en série), et dans lesquelles l'angle de décalage des balais peut être très grand, il restera l'immense majorité des machines à différence de potentiel fixe ou peu variable qui constituent véritablement le cas général.

» Pour celles-ci, jamais le plan de commutation n'est tellement déplacé que la spire correspondante soit engagée *sous* la corne polaire.

» C'est dans ces conditions qu'à notre avis il n'y a pas de relation de cause à effet entre l'abaissement de la différence de potentiel aux balais et le décalage du plan de commutation.

» Voici comment nous croyons que doit être interprété le phénomène.

» L'abaissement de la différence de potentiel aux balais résulte bien (toujours en mettant à part l'effet de la résistance intérieure) d'une diminution de la force électromotrice due elle-même à une diminution du flux utile. Mais la cause de cette diminution du flux utile doit être cherchée non dans la force magnétomotrice inverse des ampères-tours d'induit, mais dans une augmentation de la réluctance du circuit magnétique. Cette dernière résulte bien de la torsion que subit le champ magnétique lors de l'établissement du courant induit; mais, comme cette déformation est constante tant que l'angle de calage est inférieur à la moitié de l'angle interpolaire,

il en résulte que l'abaissement constaté est *indépendant du décalage*, et que l'on n'a pas à faire intervenir les contre-ampères-tours de l'induit dans l'évaluation de cet abaissement.

» Cette proposition se trouvera démontrée si nous pouvons établir :

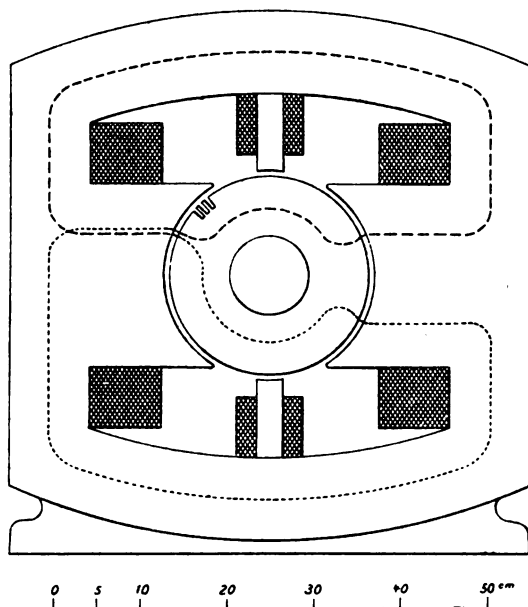
» 1° Par l'expérience, qu'en effet l'abaissement de la différence de potentiel aux balais est indépendante du décalage ;

» 2° Par le calcul, que l'effet de l'augmentation de réluctance due à la déformation du champ concorde avec les résultats de l'expérience.

» C'est ce que nous allons essayer d'établir.

» III. La *fig. 2* représente schématiquement une machine de

Fig. 2.



10 à 12 kilowatts sur laquelle ont porté les essais ⁽¹⁾ ; elle a été choisie en raison des avantages particuliers qu'elle présentait pour cette recherche ; son entrefer, très faible, assurait une réaction très marquée, et des lectures à vide et en charge assez différentes pour

⁽¹⁾ Machine construite par MM. Schneider et C^{ie} ; expériences faites dans leur laboratoire en décembre 1895.

que les erreurs d'observation ne fussent pas de l'ordre de grandeur de la différence des lectures. En outre, la forme très symétrique du circuit magnétique permettait de faire les hypothèses, sur le trajet des lignes de forces, aussi peu arbitraires que possible. Enfin, des pôles auxiliaires, excités en série, permettaient de marcher à volonté, même avec une surcharge de 20 pour 100, sans aucun décalage ni aucune étincelle.

» Voici les données principales :

Induit denté.	Diamètre extérieur.....	230 ^{mm}
	Diamètre intérieur.....	90 ^{mm}
	Rainure.....	5 ^{mm} ,7 sur 15 ^{mm}
	Nombre.....	72
	Longueur.....	230 ^{mm}
	Bobinage, fil de.....	4 ^{mm} ,2
Inducteur en acier coulé.	Spire entre les balais.....	72
	Section sous le fil.....	210 ^{mm} sur 210 ^{mm}
	Angle polaire.....	132°
	Surface polaire.....	566 ^{cm}
	Entrefer simple.....	2 ^{mm} ,5

Chiffres résultant d'essais et de calculs préalables.

(Marche à 1200 tours par minute).

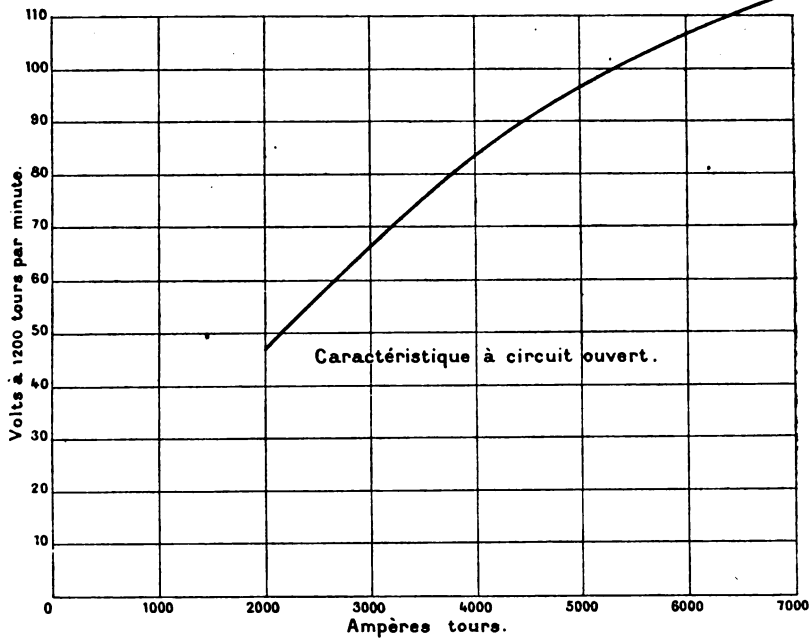
Différence de potentiel aux balais à vide	110 ^{volts}	
Flux utile correspondant.....	4, 16. 10 ⁶ C. G. S.	
Excitation correspondante.....	6600 ^{amp.-tours}	
Coefficient de dispersion	1, 16	
Inductions. {		
	Fer inducteur.....	11000 C. G. S.
	Entrefer.....	7360 C. G. S.
	Fer induit.....	16500 C. G. S.
Résistance extérieure à chaud.....	0 ^{ohm} , 0205	

» La *fig. 3* donne la caractéristique à vide rapportée aux ampères-tours d'excitation et au voltage à cette allure.

» Dans ces conditions spécialement favorables à l'obtention d'une forte réaction, on a fait deux séries d'expériences en maintenant la vitesse bien constante. Dans l'une et l'autre on a relevé les volts aux balais et les ampères sortant de l'induit; mais, dans un cas, les inducteurs auxiliaires étaient en action et maintenaient les balais au calage rigoureusement neutre à toutes charges; tandis que, dans l'autre, ces inducteurs auxiliaires étaient hors circuit, et les balais

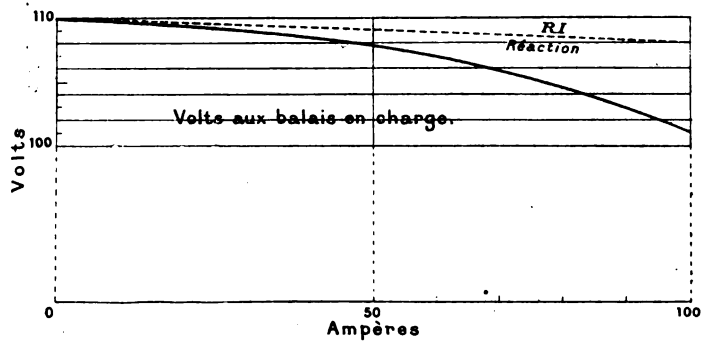
étaient déplacés à la main pour chaque variation de débit, selon le procédé habituel.

Fig. 3.



» La *fig. 4* donne la courbe obtenue dans ces conditions. Il n'y en a qu'une seule, car les deux séries de lectures se sont superposées de la manière la plus complète.

Fig. 4.



» Donc, avec ou sans décalage des balais, la réaction d'induit est absolument la même; il devient ainsi impossible de l'attribuer aux soi-disant ampères-tours inverses qui, dans l'un des cas, n'existent pas. Les pôles auxiliaires ne pouvaient annuler que les ampères-tours

transversaux; mais, comme ils n'avaient que la largeur strictement nécessaire pour recouvrir la spire en commutation, on ne peut admettre qu'ils aient annulé la déformation totale du champ, comme le fait par exemple le bobinage connu sous le nom de M. Ryan.

» Les ampères-tours négatifs n'existant pas, mais la déformation du champ subsistant, il est clair que c'est là qu'on doit chercher la cause de la réduction du flux utile. Il faut maintenant analyser cette déformation pour calculer l'ordre de grandeur de son effet et le comparer aux résultats de l'expérience.

» IV. L'effet du courant induit est de modifier la répartition primitive du flux magnétique. Ces modifications portent sur les trois parties principales constitutives du circuit magnétique et se font sentir de la manière suivante :

» 1° Dans l'inducteur, la ligne de force subit d'abord un léger allongement. Dans la partie formant culasse, la répartition ne change pas et la densité de flux reste uniforme; mais, dans la pièce polaire, au voisinage de l'entrefer, il n'en est pas de même; l'induction varie d'un point à l'autre, et par suite aussi la perméabilité.

» 2° Dans l'entrefer, toutes les lignes de force sont déviées et, par conséquent, allongées.

» 3° Dans le fer induit, la perméabilité change peu ou pas, mais la ligne de force moyenne est très sensiblement allongée.

» Ces trois effets augmentent la réluctance du circuit magnétique, et déterminent la diminution constatée du flux utile. Il reste à montrer qu'ils suffisent à l'expliquer.

» La *fig. 2*, qui représente le schéma de la machine étudiée, indique en traits longs la ligne de force *moyenne*, due à l'inducteur seul, et en pointillé la même ligne moyenne sous l'action complète de l'inducteur et de l'induit.

» Considérons en premier lieu un des noyaux inducteurs seuls, et proposons-nous d'établir sa perméance avant et après la torsion du champ.

» Avant la torsion, la répartition est uniforme, et la perméance $\int \mu \frac{ds}{l}$ se réduit à $\mu \frac{s}{l}$, soit, dans ce cas, et pour l'un seulement des noyaux inducteurs,

$$2150 \frac{440}{12} = 78800.$$

» La réluctance est donc

$$\frac{1}{78800} = 0,0000127.$$

» Après la torsion, il faut calculer la répartition du flux sur la face polaire, et en déduire l'état magnétique des différents points du fer.

» Le calcul des valeurs extrêmes du champ aux cornes polaires est facile à établir.

» Les ampères-tours sur l'induit étant au total de 3600, l'angle de 135° en contient 2680.

» La moitié agit pour renforcer le champ sous l'une des cornes et l'autre pour affaiblir sous l'autre, par raison de symétrie.

» D'autre part, le champ moyen dans l'entrefer, $H = 7360$ avant torsion, absorbait, pour $0^{\text{cm}}, 25$, un nombre d'ampères-tours égal à $7360 \times 0,25 \times (0,4\pi)^{-1} = 1470$.

» Les valeurs extrêmes du champ après torsion sont donc

$$7360 \times \frac{1470 + 1340}{1470} = 660,$$

$$7360 \times \frac{1470 - 1340}{1470} = 14100.$$

» Le champ est presque annulé d'un côté et doublé de l'autre.

» On admettra que dans les 12^{cm} du fer inducteur voisin de la force polaire cette répartition est la même. Pour avoir la perméance correspondante, il suffira de tracer une courbe sur la hauteur du noyau portée en abscisses avec les valeurs de μ en ordonnées (*fig. 5*).

» La quadrature de cette courbe donne le μ moyen nouveau, qui permet de calculer la nouvelle perméance.

» On obtient ainsi pour valeur moyenne de μ , après torsion,

$$\mu_1 = 2040,$$

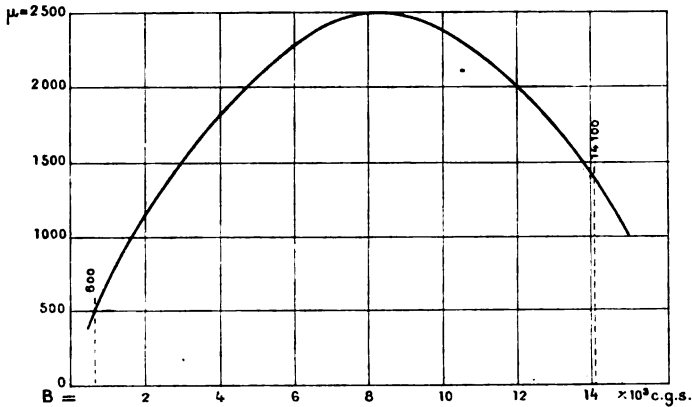
alors qu'avant

$$\mu_0 = 2150.$$

» La perméance passe donc de la valeur primitive 78800 à la valeur plus faible 74800. La réluctance nouvelle est donc à son tour 0,0000134.

» Pour le reste de l'inducteur, la perméabilité ne change pas ; mais la ligne de force subit un très léger allongement. La mesure linéaire montre que la longueur passe de 80^{cm} à 85^{cm}. La réluctance subit l'accroissement correspondant.

Fig. 5.



» Avant d'examiner ce qui se passe dans l'entrefer, évaluons de suite l'augmentation de réluctance dans le fer induit.

» Dans le noyau induit, on peut admettre que la répartition des inducteurs en profondeur (suivant le rayon) ne change pas pendant la déformation du champ ; mais la longueur moyenne de la ligne de force est au contraire très notablement accrue.

» Une mesure à la roulette de cette ligne moyenne faite sur le dessin (*fig. 2* agrandie) donne les valeurs :

Avant déformation.....	21 ^{cm}
Après »	29 ^{cm}

» Les réluctances correspondantes, avec les valeurs $B = 16500$ et $\mu = 400$,

$$r_0 = \frac{21}{400 \times 253} = 0,000\,207,$$

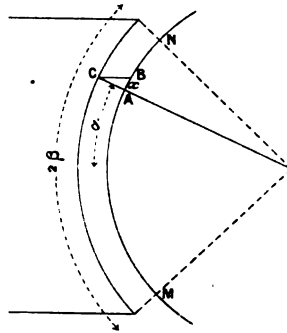
$$r_1 = \frac{29}{21} r_0 = 0,000\,288.$$

» Dans l'entrefer, le champ après déformation n'est plus uniforme ; les lignes de force ne peuvent donc plus rester radiales ; il est facile de voir que les plus courtes elles-mêmes ne le sont plus ; ces effets sont encore dans le sens de l'accroissement de la réluctance.

» On peut évaluer l'ordre de grandeur du phénomène de la manière suivante :

» Soit (*fig. 6*) F , la différence de potentiel magnétique due à

Fig. 6.



l'inducteur seul, entre les deux points extrêmes d'une même ligne de force dans l'entrefer, A et C, par exemple.

» Soit F_2 la différence créée sur la surface extérieure de l'induit dans l'arc β par le courant induit.

» Cette dernière varie progressivement de M à N, et, par suite, en passant d'un point A à un point très voisin B, la différence totale de potentiel magnétique entre C et B sera plus grande qu'entre C et A. La ligne de force va donc s'incliner; mais en même temps elle s'allonge. Tant que la distance x entre A et B reste faible, l'allongement est très faible.

» Il semble légitime de penser que l'inclinaison se fera jusqu'à ce que le flux correspondant à un tube de force élémentaire soit maximum.

» Si 2β est l'arc interpolaire et si α définit la position du point A, la différence de potentiel magnétique entre N et A est égale à $F_2 \frac{\alpha}{\beta}$.

» Entre B et C, on a donc

$$F_1 + F_2 \frac{\alpha + x}{\beta}.$$

» Appelant s la section infiniment petite du tube de force, et ϵ l'entrefer AC, la réluctance correspondante est $\frac{\sqrt{\epsilon^2 + x^2}}{s}$; et le flux

dans ce tube de force élémentaire est

$$\varphi = \frac{F_1 + F_2 \frac{\alpha + x}{\beta}}{\frac{1}{s} \sqrt{\varepsilon^2 + x^2}}.$$

» Le maximum, facile à déterminer par les procédés ordinaires de l'Analyse, a lieu pour la valeur de x :

$$x = \frac{F_2}{F_1 + F_2 \frac{\alpha}{\beta}} \frac{\varepsilon^2}{\beta}.$$

» L'inclinaison varie donc avec α , ce que l'on sait d'ailleurs par les fantômes magnétiques. Les valeurs particulières pour $\alpha = +\beta$, $\alpha = 0$ et $\alpha = -\beta$ se calculent aisément. En effet, pour la machine en étude, nous avons F_1 proportionnel à 1340; F_2 est proportionnel à 1470; ε égale 0^{cm},25 et β égale 13^{cm},3.

» On trouve ainsi :

$\alpha = +\beta$	$x_1 = 0,0022$ ^{cm}
$\alpha = 0$	$x_2 = 0,0043$
$\alpha = -\beta$	$x_3 = 0,0484$

» Ces valeurs sont évidemment trop faibles pour produire un allongement appréciable de la ligne de force dans l'entrefer. Bien que l'inclinaison consécutive de la déformation soit certaine et assez facilement calculable, son effet, au point de vue qui nous occupe, reste absolument négligeable.

» Il reste à évaluer l'effet d'ensemble des divers phénomènes qui viennent d'être analysés séparément. La réduction du flux utile, du fait de la distorsion, s'obtiendra en faisant les tableaux des réluctances des diverses parties du circuit magnétique avant et après la distorsion due au courant induit; les données et dimensions permettent de le faire ainsi qu'il suit :

		Avant la déformation.	Avec la déformation.
Culasse :	$\frac{l}{\mu s} = \frac{80}{2070 \times 416}$	0,0000929	»
»	$\frac{85}{2070 \times 416}$	»	0,0000987
Noyaux :	$\frac{24}{2150 \times 440}$	0,0000254	»
»	$\frac{24}{2040 \times 440}$	»	0,0000268
Entrefer :	$\frac{0,5}{566}$	0,0008834	0,0008834
Induit :	$\frac{21}{400 \times 253}$	0,0002075	»
»	$\frac{29}{400 \times 253}$	»	0,0002865
Totaux.....		0,0012092	0,0012954

» Le flux utile doit donc être réduit, à très peu près, dans le rapport de l'augmentation de la réluctance par la déformation ou, plus exactement, proportionnellement à la diminution relative des perméances, soit

$$\frac{828 - 772}{828} = 0,067.$$

» Cette valeur est plutôt en léger excès, car avec la diminution du flux total, la valeur moyenne de μ augmente un peu avec les inductions employées dans les machines ; mais un tel calcul n'est pas susceptible d'une absolue précision et une approximation du centième ne peut pas être espérée.

» *Résultat d'essai.* — Voici maintenant le résultat des mesures faites, dont l'ensemble est traduit par la *fig. 4* ci-dessus :

Machine en excitation séparée fixe.

	vols
Aux balais, à vide.	110
» avec 100 ampères de débit.....	101
Différence.....	9
Effet de la résistance intérieure.....	2
Effet de la réaction d'induit.....	7

» L'action imputable à la diminution du flux est donc de 7 sur 110, soit 0,063.

» La concordance des chiffres est aussi satisfaisante qu'on pouvait l'espérer, car les calculs de cet ordre ne permettent pas d'espérer une telle précision. Elle démontre que l'effet observé est bien d'accord avec le calcul et qu'il est, de plus, calculable à l'avance. ce qui n'a pas lieu pour le décalage des balais.

» V. La concordance de l'expérience et du calcul ne semble pas laisser de doute sur l'explication de la nature de la réaction de l'induit telle qu'elle a été formulée plus haut. Cette action se réduit à une augmentation de réluctance, conséquence directe de la modification de parcours du flux magnétique.

» Il en résulte, au point de vue pratique, diverses conséquences intéressantes. Dans la machine prise comme exemple, entièrement construite en fer et acier, l'accroissement porte presque exclusivement sur le fer induit; aussi, malgré son faible entrefer, la réaction est-elle encore assez modérée.

» Il en serait autrement avec des inducteurs en fonte, par exemple; l'expérience prouve d'ailleurs que, pour elles, la réaction est beaucoup plus forte et peut produire une chute de voltage de cinq à six fois égale à la chute ohmique (machine Gramme, type supérieur ancien).

» Toute disposition propre à diminuer la torsion du champ, et notamment la division longitudinale de la masse du pôle inducteur, agira efficacement pour combattre la chute de réaction; par contre, toute disposition tendant seulement à assurer la fixité du calage des balais, telle que l'emploi d'inducteurs auxiliaires, sera absolument sans effet.

» VI. Dans le but de compléter autant que possible cette démonstration, nous avons cherché à établir le même calcul sur la machine Edison, qui a servi aux essais de J. Hopkinson, machine dont les données principales figurent dans son Mémoire. Mais nous avons reconnu de suite qu'il était impossible de le faire avec quelque fruit; la réaction de ce modèle de machines est très faible, en raison de son entrefer simple, qui atteint 19^{mm}. Avec une telle valeur, la déformation est très faible et, par suite, aussi la réaction; en fait, la chute totale n'atteint pas deux fois celle due à la résistance seule; de plus, la répartition du flux, dans les pièces polaires en fonte, est compliquée et peu calculable avec une approximation suffisante.

Nous croyons donc que c'est par simple coïncidence fortuite que les calculs ont donné des résultats conformes à l'expérience, et uniquement parce que la réaction n'a pas été étudiée séparément.

» Mais il nous a été facile, par contre, d'appliquer à notre machine le calcul de la réduction des ampères-tours due au décalage, et les résultats ont été les suivants :

Ampères-tours des inducteurs	6525
Ampères-tours totaux de l'induit	7200
Décalage au débit de 100 ampères.....	24°
Ampères-tours correspondants divisés par le coefficient de dispersion 1,16...	800
Différence : 6525 — 800	5725

» La caractéristique à circuit ouvert montre qu'à cette excitation la force électromotrice est réduite à 102^{volts},5. Si l'on en retranche encore les 2 volts dus à la résistance intérieure, on arrive à une chute calculée de 9^{volts},5, au lieu de 9 observés.

» L'écart n'est certes pas grand, et la coïncidence des chiffres est assez satisfaisante pour qu'en apparence l'une ou l'autre explication semble donner la loi du phénomène.

» Mais ce n'est qu'une apparence; car la déformation du champ et l'augmentation corrélative de la réluctance sont des faits indiscutables. Leur effet devrait donc *s'ajouter* à celui de la prétendue diminution d'excitation; et c'est une chute de 18^{volts},5 qu'il faudrait observer si celle-ci existait réellement.

» Comme un tel abaissement ne se produit pas, il faut forcément s'en tenir à l'une ou l'autre des théories; et les faits d'expérience rapportés ci-dessus paraissent établir sur une base solide celle qui le rapporte exclusivement à l'augmentation de la réluctance. »

M. KORDA. — « L'augmentation de réluctance à laquelle M. Picou attribue la réaction d'induit en est certainement la cause principale. Elle est particulièrement reconnaissable dans les alternateurs polyphasés. Une autre cause provient aussi des fuites magnétiques qui peuvent être accrues par la circulation du courant induit. »

M. BRUNSWICK. — « De concert avec M. Alliamet, nous avons fait une étude de la question de la réaction d'induit, en nous basant sur les fantômes magnétiques qu'on peut relever sur les dynamos. Nous

sommes ainsi arrivés à des conclusions du même ordre que celles de M. Picou, et nous croyons aussi que l'augmentation de réluctance, manifestée par les fantômes, est la cause principale de la réaction. Les fuites peuvent aussi évidemment y intervenir. »

M. PICOU. — « Sur les alternateurs, le phénomène est un peu plus complexe que sur les dynamos continues. Le décalage du courant dans un cas et le déplacement des balais dans l'autre sont tout à fait de même ordre; mais, dans le cas de l'alternateur, l'effet du décalage se fait sentir dans les fils placés sous la face polaire, tandis qu'il n'en est pas de même dans un induit de machine continue à potentiel constant. Toutefois, ce qui est vrai pour cette dernière l'est, *a fortiori*, pour un alternateur.

» Enfin, si la déformation du flux est considérable, il est certain qu'elle peut modifier légèrement la dispersion et constituer une nouvelle cause d'affaiblissement du flux utile. Il ne semble pas, cependant, que l'effet puisse en être bien considérable. »

La séance est levée à 10^h 5^m soir.



INFORMATIONS.

Souscription pour le monument L. Gaulard.

M. E. Sartiaux, président du Comité qui s'était chargé de réunir les souscriptions pour élever un monument à la mémoire de L. Gaulard, nous a fait parvenir la liste des souscripteurs, trop longue pour que nous puissions l'insérer *in extenso*. Le total des sommes recueillies s'élève à 2560^{fr}. Le but poursuivi est donc atteint et tous nos remerciements sont adressés à la fois aux membres du Comité et aux généreux souscripteurs.



BIBLIOGRAPHIE.

Guide pratique de l'amateur électricien, par E. KEIGNART.
Paris, J. Michelet-Rijkevorsel; 1899.

Le but que s'est proposé l'auteur de ce travail est de guider l'amateur dans les premiers pas de sa carrière d'électricien en l'instruisant, de manière pratique, sur les modes les plus simples de fabrication des appareils élémentaires.

Après une courte introduction, dans laquelle il reproduit les notions indispensables à l'intelligence de son Ouvrage, l'auteur donne la constitution détaillée des générateurs d'électricité, piles primaires et accumulateurs, et montre leurs applications à l'électrolyse, aux signaux, à la lumière, etc.; puis il décrit les appareils les plus intéressants qu'il est possible de construire avec un très modeste outillage; il donne enfin sur chaque matière des conseils et des renseignements précis de nature à faciliter toutes les opérations suggérées par l'initiative personnelle.

Pour être dénué de prétention à l'enseignement scientifique, cet Ouvrage n'en sera pas moins bien apprécié des constructeurs amateurs.

Dictionnaire technique français-anglais, par A.-S. LOVENDAL.
Paris, Boyveau et Chevillet; 1899.

On peut être versé dans les langues anglaise et française, et se trouver embarrassé pour traduire certaines expressions simples ou composées qui sont spéciales aux différents métiers et à la petite industrie.

L'auteur a recueilli un grand nombre de ces locutions qu'on ne trouve pas dans les dictionnaires techniques en usage et constitué un vocabulaire qui sera utilement consulté par les traducteurs, les ingénieurs, les commissionnaires-exportateurs, etc.

L'industrie du goudron de houille, par G.-F. JAUBERT. (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.) Paris, Gauthier-Villars.

La découverte des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille n'a pas eu seulement pour résultat d'enrichir la palette du teinturier de toute une gamme de nuances inconnues jusqu'alors, elle a eu encore cet effet remarquable d'imprimer aux recherches scientifiques une impulsion extraordinaire. C'est, en effet, à l'industrie du goudron de houille que nous devons notre connaissance très étendue de la série aromatique et en particulier des dérivés du naphthalène.

Ce fait, unique peut-être dans l'histoire de la Science, montre avec évidence l'influence réciproque que la Science et l'Industrie exercent l'une sur l'autre et la liaison nécessaire de la théorie et de la pratique.

L'étude de l'Industrie du goudron de houille forme aujourd'hui un ensemble considérable et occupe une grande place dans la Chimie organique. Aussi l'Ouvrage que

M. George-F. Jaubert consacre à l'Industrie du goudron avait-il sa place tout indiquée dans la Collection des Aide-Mémoire.

Cette étude résume d'une manière complète l'Industrie si complexe de la distillation du goudron de houille, ainsi que la préparation des produits purs : benzène, naphthalène, anthracène, etc., qui en dérivent.

L'Année industrielle, par M. DE NANSOUTY. Paris, E. Juven.

Le volume que M. de Nansouty vient d'ajouter à sa collection de l'*Année industrielle* passe en revue les inventions les plus notables et les découvertes scientifiques les plus remarquables écloses ou révélées au cours de l'année 1898.

Il semblerait qu'un Ouvrage de ce genre ne pût être qu'une sorte de répertoire à lecture aride et qu'il ne faut consulter que pour en extraire un renseignement, date, formule ou nom : il n'en est rien. Les digressions originales et les spirituels commentaires unis aux qualités de style de l'auteur, font de chaque sujet traité comme un Tableau qui capte l'attention jusqu'à ce que le sujet suivant l'attire à son tour.

On ressent à cette lecture une impression analogue à celle que l'on éprouve dans un musée à la contemplation d'une suite de tableaux d'art.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1899, vol. in-18 de vi-784 pages,
avec 2 Cartes magnétiques.

La maison Gauthier-Villars vient de publier, comme chaque année, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1899*. Ce petit volume compact contient, comme toujours, une foule de renseignements indispensables à l'ingénieur et à l'homme de Science. Parmi les Notices de cette année, signalons tout spécialement celle de l'ingénieur-constructeur P. Gautier, *Sur le Sidérostat à lunette de 60^m de foyer et de 1^m, 25 d'ouverture*, qu'il construit pour l'Exposition de 1900; la *Notice sur les ballons-sondes*, par M. Bouquet de la Grye, et la *Notice sur la Géodésie moderne en France*, par le colonel Bassot.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE. — Rapport de la Commission des comptes, p. 178. — Rapport du Comité d'administration, p. 181. — Résultats des élections, p. 205. — Allocution de M. R.-V. Picou, p. 206. — Tableaux financiers, p. 208.
Les parafoudres sur les canalisations électriques (M. Bochet), p. 184.
PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 211.

COMPTE RENDU
DE
L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE
ET DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 12 avril 1899 (1).

PRÉSIDENTE DE M. R.-V. PICOU.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Carré (Jean-Gustave), 13, rue Soufflot, à Paris. — Présenté par MM. Armagnat et Sabourain.

Edelstein (Serge), Ingénieur-électricien des chemins de fer de Moscou-Kursk : Administration des Chemins de fer de Moscou-Kursk à Moscou. — Présenté par MM. Duflon et Lindé.

Gossart (Émile), Professeur à la Faculté des Sciences, à Bordeaux. — Présenté par MM. Renous et Vène.

Hamm (Lucien-Auguste-André), Ingénieur au Bureau de contrôle des Installations électriques, 19, rue Germain-Pilon, à Paris. — Présenté par MM. Hospitalier et G. Roux.

Hayet (Auguste), Ingénieur au Bureau de contrôle des Installations électriques, 14, rue Milton, à Paris. — Présenté par MM. Hospitalier et G. Roux.

Roubanovitch (Vladimir), Électricien en chef du Télégraphe de Moscou, rue Miasnitkaia, à Moscou. — Présenté par MM. Duflon et Lindé.

Turenne (Paul), de la *Maison Barbier et Bénard*, 82, rue Curial, à Paris. — Présenté par MM. Janet et F. Barbier.

Vodopianoff (Jean), Ingénieur, rue d'Autka, villa Buchslab, à Jalta (Russie-Crimée). — Présenté par MM. Duflon et Lindé.

Walter (Jean-Charles), Ingénieur à la *Société industrielle d'Électricité, procédés Westinghouse, 2 bis*, boulevard d'Inkermann, à Neuilly-sur-Seine. — Présenté par MM. Ch.-Ed. Guillaume et Hurmuzescu.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés aux auteurs des dons suivants :

Au Laboratoire :

M. BLONDEL..... 1 bobine d'induction

A l'École :

UN ANONYME (pour bourse de voyage d'un élève).. 200^{fr}

M. JAVAUX..... Abandon de 25 coupons

RAPPORT DE LA COMMISSION DES COMPTES SUR L'EXERCICE 1898.

M. A. BERTHON, *rapporteur*. — « Messieurs, la Commission que vous avez nommée dans la dernière Assemblée générale a procédé à la vérification des comptes de l'exercice 1898, et j'ai l'honneur de vous présenter, en son nom, un exposé succinct des recettes et des dépenses de chacun de nos services.

» I. *Services généraux*. — Les recettes de l'exercice 1898 se sont élevées à 29 776^{fr}, 59, en augmentation de 1 016^{fr}, 47 sur celles de

l'exercice précédent; les dépenses ont été de 24891^{fr},90; dans cette somme est comprise la subvention accordée au Laboratoire, subvention qui, cette année, a été portée à 2500^{fr}. L'excédent de recettes a donc été de 4884^{fr},69.

» L'avoir de la Société au 31 décembre 1898 s'élève à la somme de 53550^{fr},52; dans cette somme, le fonds social est compris pour 33087^{fr},40, représentés par 50 obligations P.-L.-M., 14 obligations Est 3 pour 100, 4 obligations Ouest Algérien 3 pour 100 et 32^{fr} de rente 3 pour 100.

» Les fonds disponibles s'élèvent à la somme de 9478^{fr},22.

» II. *Laboratoire*. — Les recettes du Laboratoire se sont élevées à 26891^{fr},10, en augmentation de 5519^{fr},10 sur celles de l'exercice précédent. Les dépenses ont été de 24574^{fr},59, y compris l'achat d'instruments et de matériel pour la somme de 1287^{fr},45; il reste donc comme excédent de l'exercice une somme de 2316^{fr},51 placée aux fonds disponibles.

» L'avoir du Laboratoire au 31 décembre 1898 se trouve porté à la somme de 319367^{fr},10.

» Les constructions du Laboratoire figuraient au dernier bilan pour la somme de 303096^{fr},98. Nous avons fait remarquer, dans notre dernier Rapport, que, sur cette somme, 36252^{fr} n'avaient pas encore été payés aux entrepreneurs; depuis cette époque, cette dette a été soldée et les fonds nécessaires ont été prélevés sur l'emprunt souscrit par la Société au profit de l'École supérieure d'Électricité; cette somme de 36252^{fr} a donc été, pour la régularisation des écritures, retirée de l'actif et du passif du bilan du Laboratoire et portée au compte de l'École. La valeur des constructions, réduite de ce fait à 266844^{fr},98, a augmenté, par contre, dans le cours de cette année, de 6142^{fr}90, prélevés sur le reliquat des fonds affectés à l'installation.

» Les constructions figurent donc au bilan de 1898 pour la somme de 267987^{fr},88, défalcation faite des 5000^{fr} d'amortissement portés en compte annuellement.

» Les instruments et matériel du Laboratoire représentent une valeur de 114082^{fr},49, soit une augmentation de 6071^{fr},95 sur le chiffre du dernier bilan. Ce nouveau matériel a été acquis, d'une part, pour 1287^{fr},45 à l'aide des ressources courantes de l'exercice, et,

d'autre part, pour 4784^{fr},50 à l'aide des sommes prélevées sur les fonds affectés à l'installation.

» Depuis 1895 figure au passif de notre bilan une somme de 5000^{fr}, due à la ville de Paris (*contrat du 14 mars 1894*). Une première annuité de 1000^{fr}, exigible à partir du 12 décembre 1897, a été payée cette année; cette somme a été prélevée sur les fonds spéciaux affectés à l'installation.

» Les fonds affectés à l'installation ont été diminués, en 1898, de 13865^{fr},85 et ne s'élèvent plus, au 31 décembre, qu'à la somme de 9338^{fr},62. Cette somme est représentée par 270^{fr} de rente 3 pour 100 valant 9166^{fr},50, et 172^{fr},12 en espèces.

» Les fonds disponibles s'élèvent à 7813^{fr},01, soit 4418^{fr},01 en espèces et 100^{fr} de rente 3 pour 100 valant 3395^{fr}.

» L'avoir net du Laboratoire au 31 décembre est de 319367^{fr},10, en augmentation de 3603^{fr},96 sur l'exercice précédent.

» III. *École*. — Les recettes de l'École se sont élevées, pour cet exercice, à la somme de 50012^{fr},60; les redevances des élèves sont comprises dans ce total pour 23772^{fr},50, et les souscriptions et dons pour 25855^{fr}; les dépenses ont atteint le chiffre de 44268^{fr},11. La différence entre les recettes et les dépenses n'étant que de 5744^{fr},39, il a été nécessaire de prélever sur les fonds disponibles une somme de 4555^{fr},61 pour parfaire les 10300^{fr} représentant les intérêts de l'emprunt et la valeur des obligations amorties, conformément aux conditions de la dette que nous avons contractée.

» Les fonds provenant de l'emprunt de 60000^{fr} ont été, en grande partie, dépensés dans le cours de cet exercice et ont servi à l'acquisition d'instruments et de matériel (15026^{fr},30) et à la construction des bâtiments (38917^{fr},75). Le reliquat, 6055^{fr},95, figure au bilan.

» Les fonds disponibles et le reliquat de l'emprunt sont représentés par 1637^{fr},24 en espèces, 285^{fr} de rente 3½ pour 100, 305^{fr} de rente 3 pour 100 et 55 obligations de notre Société; ces dernières valeurs, qui nous ont été remises par divers donateurs, figureront comme valeurs en portefeuille, jusqu'à ce qu'il nous soit permis de les amortir lors d'un de nos tirages annuels.

» L'avoir de l'École au 31 décembre est de 32197^{fr},59, en augmentation de 9944^{fr},39 sur l'exercice précédent.

» En résumé, l'avoir net de la Société des Électriciens s'élève,

au 31 décembre 1898, à la somme de 405 115^{fr}, 21, en augmentation de 18 501^{fr}, 04 sur le chiffre de l'année précédente.

» Nous avons vérifié la présence en portefeuille de toutes les valeurs mentionnées au bilan, et nous n'avons aucune observation à formuler sur la façon dont fonctionne le service de la comptabilité. La Commission vous propose, en conséquence, d'approuver les comptes de l'exercice 1898.

» L'exposé que nous venons de faire montre que la comptabilité de notre Société prend, chaque année, plus d'importance; elle est tenue avec méthode et fait ressortir clairement notre situation financière. Nous vous demandons de remercier M. le Trésorier, pour le zèle qu'il apporte dans l'accomplissement de son mandat. » (*Applaudissements.*)

Mis aux voix, les comptes de l'exercice 1898 sont approuvés à l'unanimité.

RAPPORT DU COMITÉ D'ADMINISTRATION.

M. le SECRÉTAIRE GÉNÉRAL. — « Messieurs, au moment où l'exercice en cours est sur le point d'être clôturé, permettez-moi de tracer en quelques mots la situation de la Société.

» Nous remercierons tout d'abord les nombreux conférenciers qui ont bien voulu prendre la parole au cours de nos séances.

» M. Laffargue nous a donné un compte rendu documenté de la distribution de l'énergie électrique en Allemagne. M. Laporte nous a exposé les résultats de ses études sur les étalons photométriques usuels. M. Paul Girault a développé des considérations originales sur la commutation dans les dynamos à courant continu. M. Ducretet, au sujet de la télégraphie hertzienne sans fil, a mis sous nos yeux ses nouveaux appareils et nous a fait assister à une série d'intéressantes expériences. M. Gosselin a décrit les potentiomètres modernes et en a présenté un modèle à la Société. M. Hospitalier, avec sa compétence bien connue en la matière, nous a apporté les résultats du concours de fiacres électriques et a passé en revue les principaux types qui avaient figuré à l'Exposition des automobiles. M. Pélissier nous a développé des considérations pratiques sur la tarification de l'énergie électrique. M. Armagnat a présenté à la

Société l'hystérésimètre de MM. Blondel et Carpentier, et M. Boucherot a décrit un appareil de son invention pour la mesure des couples. M. de Marchena nous a donné une description de l'installation des tramways électriques de Pantin à Paris. M. Brunswick nous a apporté, sur les coupe-circuits et interrupteurs, quelques considérations qui ont été suivies d'une discussion à laquelle ont pris part MM. Vedovelli, Zetter, Boucherot, Hillairet, Grosselin et Korda. M. Sarcia nous a communiqué des résultats obtenus sur une ligne de tramways électriques à accumulateurs en exploitation à Ostende. Notre président sortant, M. Picou, nous a exposé une théorie nouvelle de la réaction d'induit dans les machines dynamo-électriques. M. Maurice Leblanc, dans une suite de conférences, nous a donné une remarquable étude d'ensemble sur la transmission, la transformation et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs. Les élèves de l'École Supérieure d'Électricité nous ont fourni, pour notre *Bulletin* des mois d'août-octobre, des Notes très complètes sur une excursion qu'ils ont faite en Suisse. Cette année comme l'année précédente, notre ancien président, M. Potier, a bien voulu continuer de rédiger les comptes rendus de la presse technique étrangère. Nous serons unanimes à lui envoyer nos remerciements pour sa précieuse collaboration.

» Nous avons aussi le devoir de remercier les bienveillants donateurs qui ont fait bénéficier de leur générosité soit le Laboratoire central, soit l'École supérieure d'Électricité.

» Notre Société comptait, au premier avril 1898, 1044 membres ; elle en compte actuellement 1080. Le nombre des admissions prononcées au cours de cet exercice a été de 101, dépassant notablement le nombre des admissions prononcées dans l'exercice précédent. Cet accroissement du nombre des nouvelles adhésions nous est agréable à signaler. Il s'accentuera encore, Messieurs, si vous voulez bien user de votre influence autour de vous pour nous amener de nouveaux collègues.

» Nous avons à déplorer le décès de MM. Cantacuzène, Chatard, Latimer Clark, Decaux, Falero, Faure (C.), Gruby, Huguet de Vars, Hureau de Villeneuve, Lacoine, Lejeal, Margaine, de Méritens, Oback, Raffard, Santelli, Schneider, Wélitchko.

» L'année a été marquée par un développement toujours croissant

des travaux du Laboratoire. Le chiffre total des essais a été de 648, contre 529 en 1897. La majeure partie de ces essais se rapporte au calibrage des appareils de mesure et des compteurs. Nous trouvons de plus une centaine d'études expérimentales de dynamos et moteurs; enfin une série d'essais sur des résistances, sur des accumulateurs, éléments de piles primaires, etc.

» Au mois d'août dernier, l'École Supérieure d'Électricité a accordé aux élèves de sa quatrième promotion 27 diplômes; 41 élèves avaient été inscrits régulièrement au début de l'année et 32 s'étaient présentés aux examens de fin d'études.

» La cinquième promotion, entrée à l'École au mois de novembre dernier, comprend 66 élèves réguliers et 18 auditeurs admis à suivre les cours et conférences. Comme par le passé, la plupart des élèves réguliers sortent de nos grandes Écoles ou sont licenciés de nos Facultés. Mais vous apprendrez, avec une satisfaction bien légitime, que deux officiers ont été désignés par M. le Ministre de la Guerre, et quatre par M. le Ministre de la Marine, pour suivre les cours à titre d'élèves régulièrement inscrits. Cette haute consécration de la valeur de l'enseignement donné dans notre École vient témoigner que les efforts et les sacrifices du passé ont porté fruit; c'est aussi un précieux gage d'autorité pour l'avenir.

» Reportons tout l'honneur de ces excellents résultats au Conseil de perfectionnement de l'École et en particulier à son président M. Mascart, au directeur M. Janet, et à tous les membres si distingués et si dévoués du corps enseignant que vous connaissez tous. » (*Applaudissements.*)

M. le PRÉSIDENT invite les Sociétaires qui n'ont pas encore voté à déposer leur bulletin dans l'urne.

Après une suspension de séance de cinq minutes, le vote est clos et il est procédé au dépouillement du scrutin durant la suite de l'ordre du jour, qui appelle les Communications techniques

LES PARAFOUDRES SUR LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES.

M. BOCHET. — « Les accidents dus à la foudre sont très rares dans les installations électriques qui ne comportent que de faibles longueurs de canalisation aérienne; aussi, en pareil cas, et surtout dans les pays où les orages sont peu fréquents, se dispense-t-on le plus souvent d'établir des parafoudres. Mais, dans les installations comportant un développement notable de canalisation aérienne, telles que les distributions urbaines, les tramways à prise de courant aérienne, les transmissions de puissance à longue distance, etc., l'organisation d'une protection efficace contre la foudre s'impose d'une manière absolue.

» Pour ces installations, et surtout en pays de montagnes, les machines, les appareils de distribution, les transformateurs, les lignes elles-mêmes, subissent de graves détériorations si une bonne protection contre les décharges atmosphériques n'est pas assurée.

» Il est alors indispensable, pour la conservation du matériel électrique, de se prémunir contre les effets de la foudre. Les précautions doivent même être poussées plus loin, car il faut que le service puisse être continué sans troubles pendant les périodes orageuses.

» En certains cas, il faut aussi prendre des mesures pour que la présence des canalisations électriques au-dessus des bâtiments n'accroisse pas, pour ces derniers, les risques de foudroiement. Cette question est fort importante dans les villes où le réseau d'éclairage passe au-dessus des habitations. Pour les installations de ce genre, l'autorisation des propriétaires doit être obtenue. Elle est presque toujours concédée à titre révocable, et, bien entendu, si un accident imputable à ces canalisations vient à se produire, nombre d'autorisations sont retirées, ce qui rend impossible le maintien du réseau nécessaire à l'exploitation.

» Pour assurer la protection d'une installation électrique donnée, il faut organiser un système de parafoudre tel qu'il ne puisse se produire progressivement ou brusquement, entre aucune partie de l'installation et la terre, une différence de potentiel atteignant

la limite que peuvent supporter les isolants employés. Pour cela, il faut assurer la décharge à la terre chaque fois que cette limite va être atteinte : ce qui peut résulter soit de décharges atmosphériques atteignant directement l'installation, soit de phénomènes d'induction.

» Le premier genre d'accident, de beaucoup le plus grave, est heureusement le moins fréquent. Dans l'un et l'autre cas, on se trouve en présence de décharges oscillatoires très rapides, dont les oscillations se comptent par millions à la seconde.

» Le problème, ainsi posé, n'est pas nouveau : c'est celui des paratonnerres protégeant les édifices et celui des parafoudres des réseaux télégraphiques.

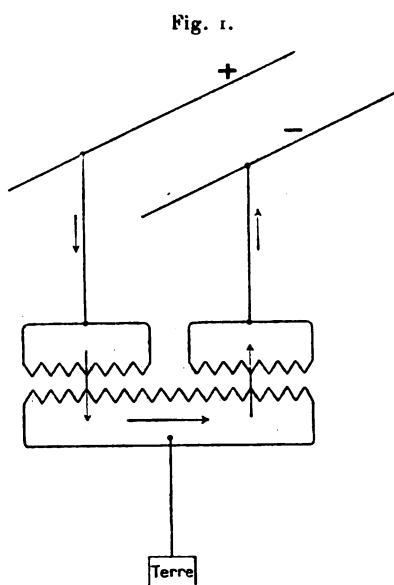
» On sait qu'il faut assurer à la foudre un passage offrant le minimum d'impédance ; toute self-induction offre un obstacle infranchissable aux décharges atmosphériques, en raison de la rapidité de leurs oscillations. Comme exemple, je citerai le fait observé par notre collègue M. Mix, à la suite d'une décharge ayant atteint les appareils d'un tableau de distribution ; cette décharge a franchi directement de borne à borne la distance notable existant entre deux appareils du tableau, quoique ces appareils soient reliés entre eux par un conducteur en cuivre de très forte section. Mais ce conducteur était recourbé de manière à passer derrière le tableau. La self-induction résultant de l'incurvation du conducteur réunissant les deux appareils créait une résistance au passage de la décharge supérieure à celle de l'air.

» On voit donc qu'il importe d'assurer un chemin aussi direct que possible à la foudre vers la terre, et que l'on peut profiter de l'obstacle que crée la self-induction pour barrer le passage aux décharges atmosphériques, à l'entrée des lignes pénétrant dans les immeubles ou aboutissant à des appareils à protéger.

» On sait également quelles précautions doivent être prises pour l'établissement de bons contacts à la terre.

» En un mot, le développement des connaissances relatives aux phénomènes électriques et les enseignements de la pratique ont permis d'arriver à de bonnes solutions pour la protection contre la foudre des immeubles et des installations télégraphiques. Mais il existe une différence capitale entre ce genre de protection et celui

d'un réseau où circulent les courants employés pour l'éclairage et la transmission de la puissance. Dans ce dernier cas, le passage de la foudre établit fréquemment une communication électrique entre des conducteurs de polarité différente. Le courant des machines tend à suivre le chemin ainsi tracé en formant des arcs persistants. La *fig. 1* montre comment ces arcs s'établiraient dans une installa-



tion pourvue de simples parafoudres analogues à ceux usités dans les installations télégraphiques. Il est donc d'importance capitale d'éviter pareils inconvénients, et c'est ce qui constitue la particularité essentielle de la question qui nous occupe. Il faut que les dispositifs employés laissent facilement passer la foudre, sans permettre au courant des machines de maintenir les arcs allumés par la décharge atmosphérique. Dans les réseaux offrant une grande capacité, l'arc allumé entre un seul conducteur et la terre peut persister.

» En passant en revue les divers types de parafoudres en usage, nous allons voir les moyens employés pour résoudre la question.

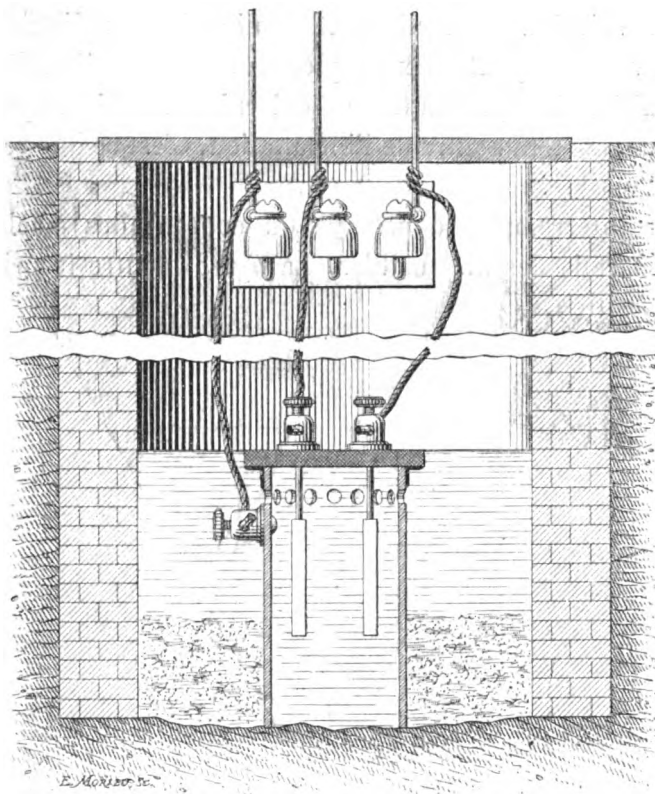
» Un premier genre de parafoudre a été constitué par appropriation des appareils usités en Télégraphie.

» Un procédé très simple, qui a donné de bons résultats, consiste à placer des parafoudres à peignes ordinaires sur chaque pôle de

l'installation et à faire communiquer chacun de ces parafoudres à une prise de terre spéciale. La résistance de ces prises de terre entre elles suffit à limiter le courant des machines qui tend à suivre le chemin tracé par une décharge atmosphérique ayant franchi simultanément les deux parafoudres et à provoquer la rupture des arcs entre les peignes de ces parafoudres.

» La *fig. 2* montre un dispositif de prise de terre donnant un résultat analogue.

Fig. 2.



» Cette prise de terre comprend un tuyau de fonte placé verticalement dans le sol et traversant une nappe d'eau souterraine. Ce tuyau est rattaché directement au parafoudre de l'un des pôles de l'installation. Sur ce tuyau se trouve un couvercle en matière isolante, ardoise ou porcelaine, qui soutient une lame de cuivre rattachée au parafoudre communiquant au deuxième pôle de l'installation. La lame de cuivre ainsi suspendue au centre du tuyau de fonte

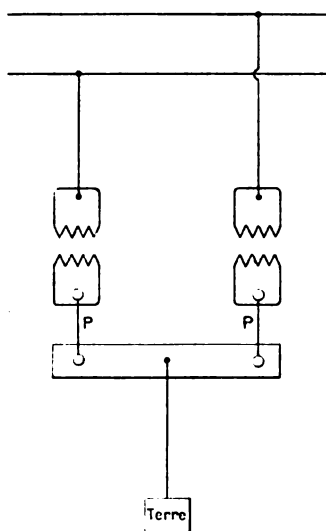
en est donc isolée métalliquement, et la seule communication électrique existant entre ces deux pièces est formée par l'eau qui remplit le tuyau.

» On voit que, grâce à cette disposition, si une décharge simultanée sur les deux peignes tend à allumer un arc entretenu par le courant des machines, cet arc doit également traverser l'eau qui se trouve entre la plaque intérieure de la prise de terre et le tuyau de fonte; grâce à l'épaisseur d'eau qui doit être ainsi traversée, l'arc ne peut se maintenir.

» Cette solution est facilement applicable aux distributions à trois fils, en employant deux plaques de cuivre, au lieu d'une, placées au milieu du tuyau en fonte. Ce dernier est relié au parafoudre correspondant au fil neutre de l'installation. C'est ce que représente la *fig. 2*.

» Pour interrompre le passage du courant des machines, on emploie parfois des fils fusibles. La *fig. 3* montre le principe de cette disposition.

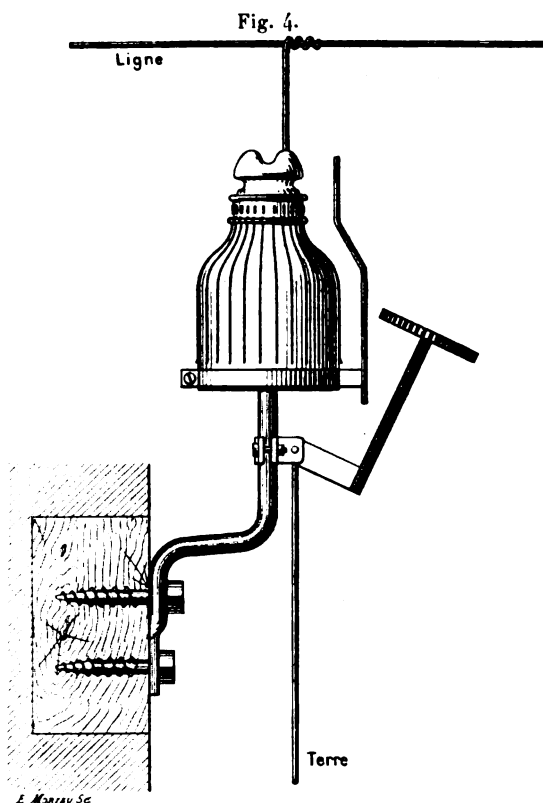
Fig. 3.



» Les fils fusibles sont intercalés entre les fils à protéger et des parafoudres à peignes ordinaires. En fondant, ces fils rompent le circuit sur une longueur suffisante pour que les arcs ne puissent persister. Ainsi réalisée, cette solution offre l'inconvénient de nécessiter le remplacement des plombs chaque fois que l'appareil a

fonctionné. Cependant, en raison de son extrême simplicité, cette solution peut être admise pour des installations peu exposées à la foudre et lorsque les parafoudres sont placés de manière que la surveillance en soit aisée.

» Notre collègue, M. Labour, a réalisé un excellent parafoudre à fil fusible qui ne présente pas l'inconvénient que je viens de signaler. Ce parafoudre, représenté par la *fig. 4*, est formé d'un isolateur



de type courant portant à sa partie supérieure un collier métallique relié avec la ligne à protéger. Sur ce collier vient se placer un deuxième collier élastique facile à mettre ou à enlever et qui porte une série de fils fusibles. L'extrémité de ces fils vient à une faible distance d'un collier de fer entourant la base de l'isolateur. Ce dernier collier est solidaire d'une lame qui se relève le long de l'isolateur et en face de laquelle se trouve une tige reliée à la terre et portant à sa partie supérieure une molette dentée en zinc.

» On voit que la décharge atmosphérique ayant atteint la ligne s'écoule par les fils fusibles, atteint le collier inférieur, puis jaillit de la lame reliée à ce collier inférieur à la molette en zinc et, de là, va à la terre. Si le passage de la décharge allume un arc sur le courant des machines, cet arc s'établit entre l'un des fils fusibles et le collier inférieur du parafoudre. Il est interrompu par la fusion du fil à l'extrémité duquel il a jailli.

» Le parafoudre, comportant une quinzaine de fils fusibles, reste armé pour de nouvelles décharges. De temps à autre, on remplace les fils fusibles ayant fondu en changeant le collier élastique qui porte ces fils; l'opération se fait très rapidement.

» Un grand nombre d'exemplaires de ce type de parafoudre fonctionnent depuis longtemps déjà sur des installations très exposées; ils y donnent toute satisfaction.

» Il est important de noter que, grâce au bon marché de l'appareil, il peut être installé en nombre de points du réseau, à proximité des machines et à chaque poste de transformateurs. Les lignes peuvent alors se décharger d'une manière continue et des décharges violentes sont très rares.

» Un autre mode de protection des installations électriques consiste dans l'établissement de nombreux paratonnerres analogues à ceux installés sur les édifices, placés à proximité des appareils et des canalisations électriques, sans y être reliés directement.

» Un premier procédé de ce genre consiste à protéger par un bon système de paratonnerre toutes les constructions dans lesquelles se trouvent installés des appareils. De plus, tous les supports de la canalisation sont munis de paratonnerres à pointe mis en relation directement avec de bonnes prises de terre.

» L'extension de ce système a conduit à établir au-dessus de tous les réseaux à protéger une ronce métallique reliée à la terre en un grand nombre de points.

» Pour les réseaux à trois fils, notre Président, M. Picou, a judicieusement indiqué l'emploi du fil neutre comme fil de protection. Ce fil, placé à la partie supérieure du réseau, doit alors être relié à la terre en nombre de points, comme il est d'usage lorsqu'on emploie la ronce artificielle.

» J'ai eu l'honneur d'indiquer précédemment à la Société l'uti-

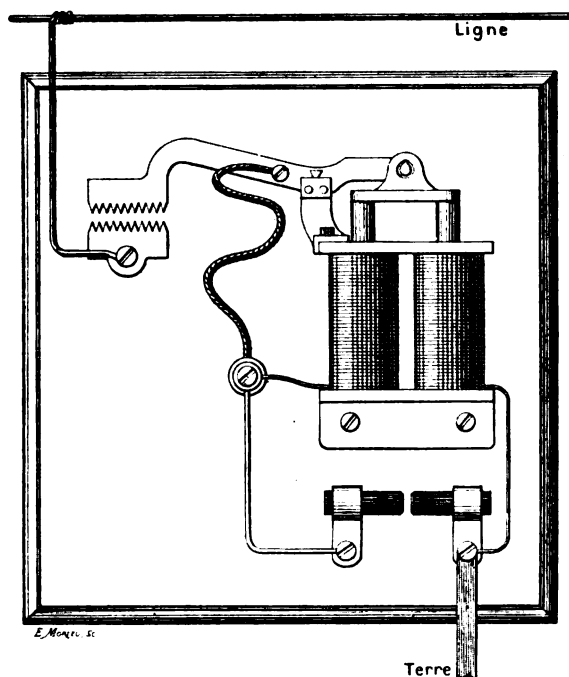
lité qu'il y avait, au point de vue de la bonne exploitation, à relier le fil neutre des installations à trois fils, à la terre, pour éviter des inégalités de voltage accidentelles sur les deux ponts. La solution indiquée par M. Picou est donc absolument rationnelle.

» Je dois faire remarquer que la protection réalisée par l'emploi de la ronce artificielle intéresse non seulement l'installation électrique, mais encore tout ce qui se trouve sur l'étendue de cette installation.

» Ce dispositif a donc le très sérieux avantage de calmer les craintes légitimes que peut inspirer l'établissement de canalisations électriques sur un immeuble, au point de vue de l'accroissement des risques de foudroiement.

» L'efficacité de ce genre de protection n'est pas douteuse ; elle est établie par une longue expérience dans nombre de cas. Mais il faut bien remarquer que son principe même est de donner une protection générale et il est prudent de compléter cette protection en

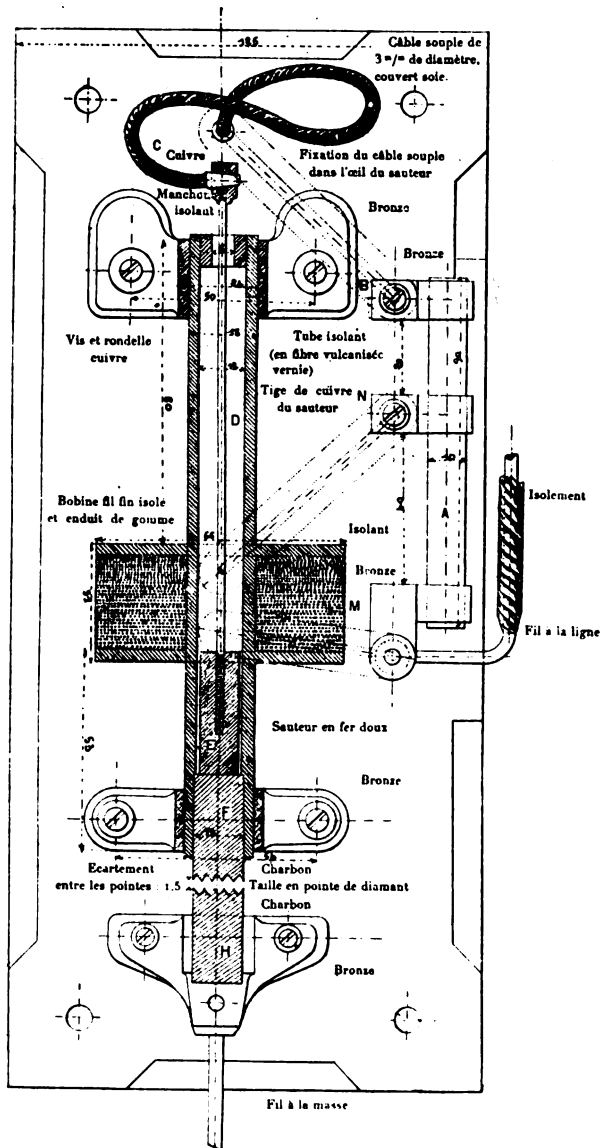
Fig. 5.



plaçant des parafoudres à proximité des appareils délicats, tels que dynamos, alternateurs, transformateurs, etc.

» Je décrirai maintenant les appareils disposés spécialement pour assurer la rupture automatique des arcs pouvant succéder aux décharges atmosphériques.

Fig. 6.



» La *fig. 5* représente un parafoudre à déclenchement automatique. Dans cet appareil, les peignes entre lesquels se produit la décharge sont écartés automatiquement par le passage du courant.

La décharge se fait entre les peignes, puis à travers l'espace compris entre deux charbons, dont l'un est relié à la terre. Un électro-aimant est placé en dérivation sur l'arc qui se forme entre les charbons. Tant que l'arc subsiste, l'électro-aimant est excité, ses noyaux sont attirés et entraînent avec eux le levier portant l'un des peignes du parafoudre. Ce peigne est donc écarté du peigne fixe qui est mis en communication avec la ligne, ce qui provoque la rupture de l'arc. Les bobines cessent alors d'être excitées et le parafoudre reprend sa position normale.

» Les parafoudres système Thury, appliqués avec succès sur des lignes à haute tension et courant continu en pays de montagnes, fonctionnent suivant le même principe.

» Le parafoudre électromagnétique Garton, mis à ma disposition par M. Cadiot, est représenté par la *fig. 6*. La communication de la ligne à la terre se fait par l'intermédiaire de deux charbons écartés de 1^{mm}, 5 et taillés en pointe de diamant. Le charbon inférieur est en communication avec le sol, le charbon supérieur est maintenu dans un tube en matière isolante où peut coulisser verticalement un noyau de fer mis en communication au moyen d'un fil souple avec la ligne à protéger. Ce noyau, qui repose normalement sur le charbon supérieur, peut être soulevé par l'action d'un solénoïde branché en dérivation sur une résistance en charbon placée sur le circuit allant de la ligne à la terre. Il en résulte que, dès que le courant passe, le noyau est soulevé; il s'éloigne du charbon supérieur en formant un arc qui s'allonge puis se coupe. Le noyau reprend alors aussitôt sa position primitive.

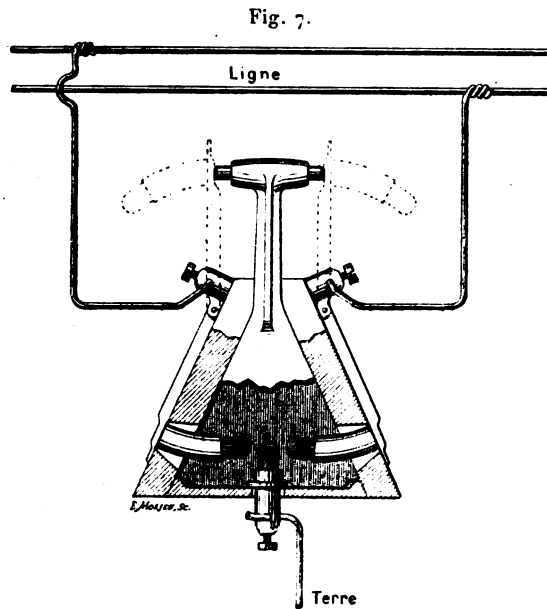
» Le parafoudre Westinghouse à dilatation d'air (*fig. 7*) comporte également des pièces mobiles pourvues de charbons entre lesquels jaillissent les décharges. Sous l'effet de ces décharges et des arcs qui peuvent les suivre, l'air emprisonné dans le parafoudre se dilate brusquement et chasse les palettes mobiles qui portent les charbons communiquant aux fils de ligne. L'éloignement brusque de ces charbons produit la rupture des arcs.

» Un type de parafoudre extrêmement intéressant et d'une très grande efficacité est celui du système Elihu Thomson à soufflage magnétique.

» Comme tout élément de courant, un arc subit les actions

électromagnétiques. C'est sur cette propriété qu'est basé le parafoudre Thomson.

» Dans ce système, l'arc jaillit entre les pôles d'un électro-aimant disposé de telle manière que ses lignes de force se trouvent perpendiculaires à la direction de l'arc. Le sens du passage du courant est tel que l'action électromagnétique tend à chasser l'arc vers

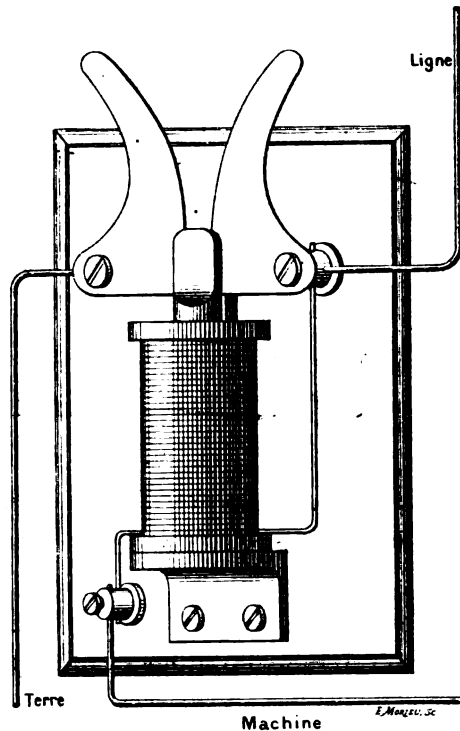


le haut. Les pièces entre lesquelles jaillit l'arc sont taillées de telle manière que l'intervalle existant entre elles augmente à mesure que l'arc s'élève. Il résulte de ce fait qu'à un moment donné la distance est trop grande pour que l'arc subsiste et il se trouve automatiquement coupé. Cet effet est très énergique ; l'arc semble vigoureusement soufflé et il se coupe très rapidement.

» L'excitation de l'électro-aimant se fait par deux procédés différents. Dans les parafoudres installés sur distribution à intensité constante, c'est le courant principal qui excite les électro-aimants des parafoudres. Ces derniers sont montés en série sur le circuit des machines, comme l'indique la *fig. 8*. Cette disposition, très simple, permet d'obtenir à la fois un champ magnétique puissant et d'opposer une self-induction notable sur le trajet allant de la ligne aux appareils à protéger. Toutefois, ce dispositif n'est pas applicable

pour une distribution sous différence de potentiel constante, où l'intensité peut varier constamment dans les lignes. Pour ce genre d'application, l'appareil est modifié et les bobines sont excitées en

Fig. 8.



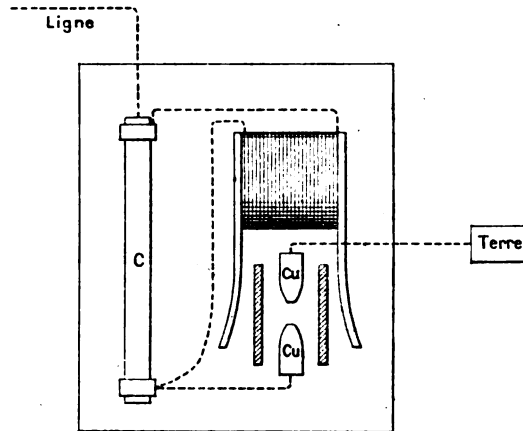
dérivation, comme le montre la *fig. 9*. Le courant de décharge et celui fourni ensuite par les machines traversent une résistance sans self-induction constituée par un charbon cylindrique. Les bobines des électro-aimants du soufflage sont branchées en dérivation aux extrémités de cette résistance (*fig. 9*).

» Ce dernier type de parafoudre est de beaucoup le plus répandu. Il a été appliqué avec plein succès dans un nombre considérable d'installations et, en particulier, sur de nombreux réseaux et des milliers de voitures de tramways.

» Pour les *installations à courants alternatifs*, le problème se trouve heureusement simplifié par ce fait que l'arc à courants alternatifs se maintient très difficilement entre les électrodes *métalliques*. A chaque demi-période, il y a extinction de l'arc et le rallumage ne se

fait qu'autant qu'une décharge disruptive peut franchir l'intervalle existant entre les deux électrodes sous la tension de distribution. Les remarquables travaux de M. Blondel sur l'arc alternatif offrent le plus grand intérêt pour l'étude de ce phénomène.

Fig. 9.



» En poursuivant ses recherches avec l'aide puissante de son oscillographe, je ne doute pas que notre collègue arrive à élucider cette question.

» Il y a lieu de remarquer que si, d'une part, cette propriété des courants alternatifs permet de simplifier beaucoup les parafoudres, d'autre part, les tensions élevées usitées dans leurs applications obligent à prendre des précautions toutes spéciales pour assurer la bonne isolation des appareils.

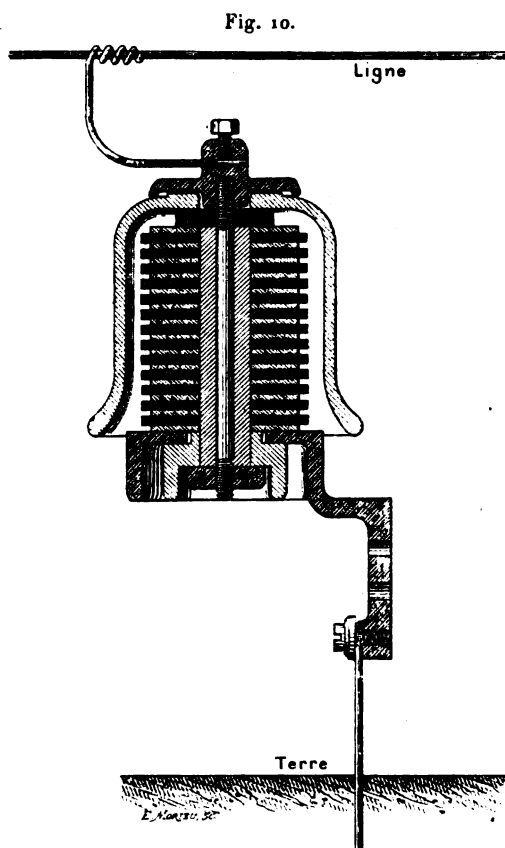
» La *fig. 10* représente un parafoudre à plaques superposées comprenant une série de rondelles métalliques isolées les unes des autres. La rondelle supérieure est mise en communication avec la ligne et la rondelle inférieure avec le support de l'appareil qui communique à la terre. L'ensemble est protégé par une cloche en porcelaine.

» Les décharges franchissent, extérieurement à la pile des rondelles, les intervalles existant entre chacune de ces rondelles. Il se produit ainsi un grand nombre de petits arcs qui se coupent facilement.

» Le parafoudre Brown-Boveri, représenté par la *fig. 11*, est analogue. Son isolation est mieux assurée, les rondelles employées

n'étant pas percées à leur centre et étant maintenues simplement par pression.

» Le parafoudre Wurtz, représenté par la *fig. 12*, réalise d'une manière plus simple encore une solution du même genre. Ce para-

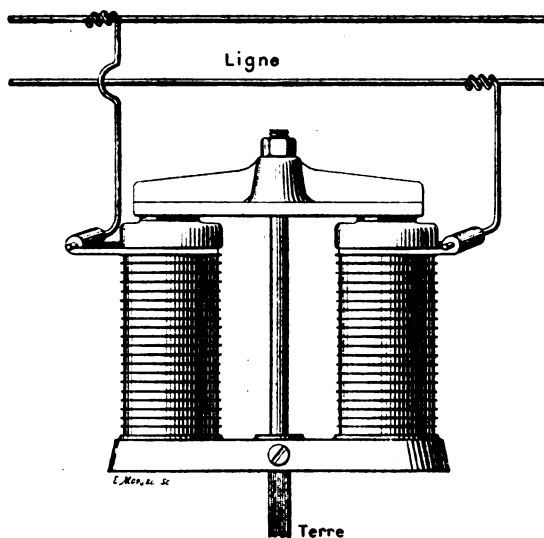


foudre est constitué par une série de cylindres formés d'un alliage à base de zinc particulièrement défavorable au maintien de l'arc. La décharge doit franchir l'espace existant entre un nombre de cylindres proportionné à la tension du réseau et l'arc se coupe très facilement. Il faut remarquer que dans cette disposition, les cylindres étant verticaux, le courant d'air qui se produit sous l'effet du passage de l'arc tend à faire monter cet arc et à en faciliter la rupture.

» Le parafoudre système Wirt (*fig. 13*) de la Société Thomson-Houston comporte des dispositions analogues. Il est pourvu de résis-

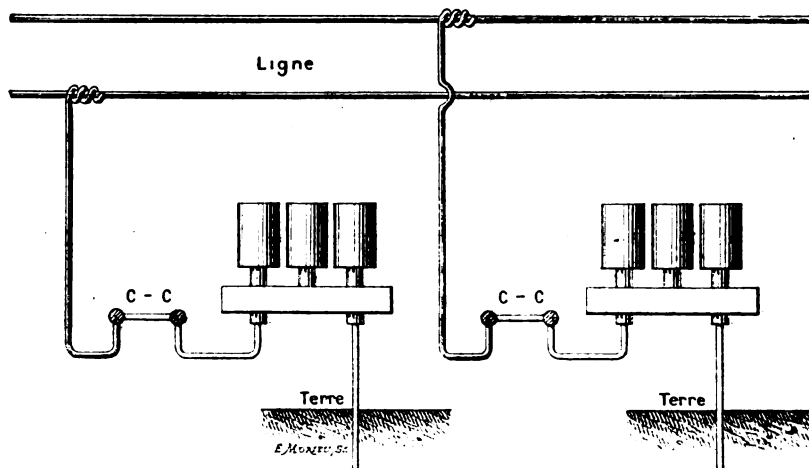
tances en charbon n'offrant pas de self-induction et limitant l'intensité du courant des machines.

Fig. 11.



» Le parafoudre Siemens et Halske représenté par la *fig. 14* donne une solution extrêmement simple et très sûre du problème. L'arc jaillit à la partie inférieure de deux conducteurs en forme de cornes.

Fig. 12.

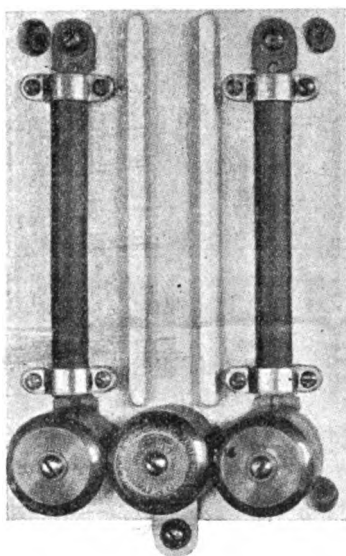


Cet arc tend à s'élever sous l'action combinée du violent courant d'air produit par son passage et de l'action électrodynamique résultant du passage du courant dans les cornes. L'arc se trouve, sous

cette double action, sollicité vivement vers le haut; il s'élève entre les cornes en s'allongeant et, arrivé à une certaine hauteur, il se coupe.

» Un coupe-circuit est figuré entre la ligne et le parafoudre. En réalité, ce coupe-circuit ne comprend qu'un conducteur en cuivre qui ne doit pas fondre lors du fonctionnement de l'appareil. Ce

Fig. 13.



coupe-circuit ne sert que d'interrupteur pour isoler le parafoudre de la ligne en cas de visite ou de réparation.

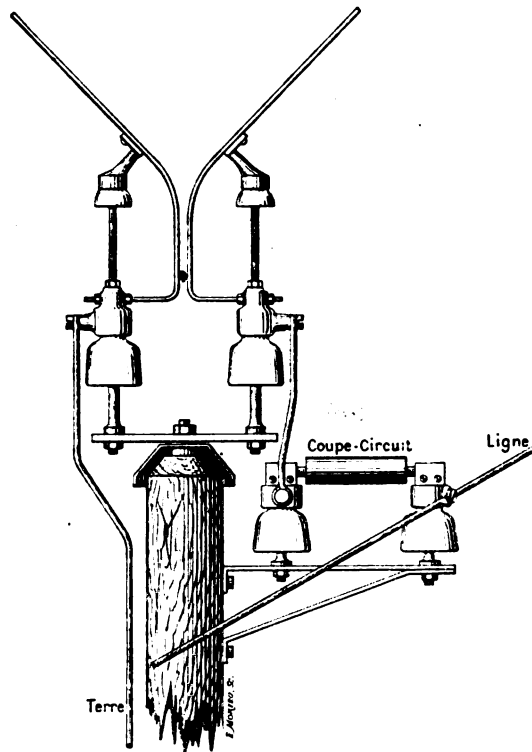
» MM. Burns et C^{ie} ont réalisé sur le même principe un parafoudre extrêmement simple. La *fig. 15* représente un appareil de ce genre établi pour desservir deux lignes.

» M. Goerges a étudié avec grand soin la question des parafoudres. Il a constaté que le soufflage magnétique ne donnait pas de bons résultats pour les courants à haute tension. Cela tient à ce qu'il faut des pièces polaires d'une très grande surface pour que l'arc soit franchement coupé. Il devient alors très difficile d'assurer une bonne isolation de ces pièces polaires sur lesquelles l'arc tend à se porter.

» Dans les essais faits sur le système Siemens que je viens de décrire, M. Goerges a constaté qu'avec des courants à basse tension l'arc restait accroché et provoquait de légères brûlures sur les élec-

trodes, tandis qu'aux tensions élevées la rupture de l'arc était très nette et il ne se produisait aucune trace de brûlures sur les fils. La surface de ces derniers devenait simplement noire et légèrement rugueuse. Le résultat de ces essais a été de fixer comme limite inférieure d'emploi de ce système la tension de 2000 volts. Un appareil

Fig. 14.



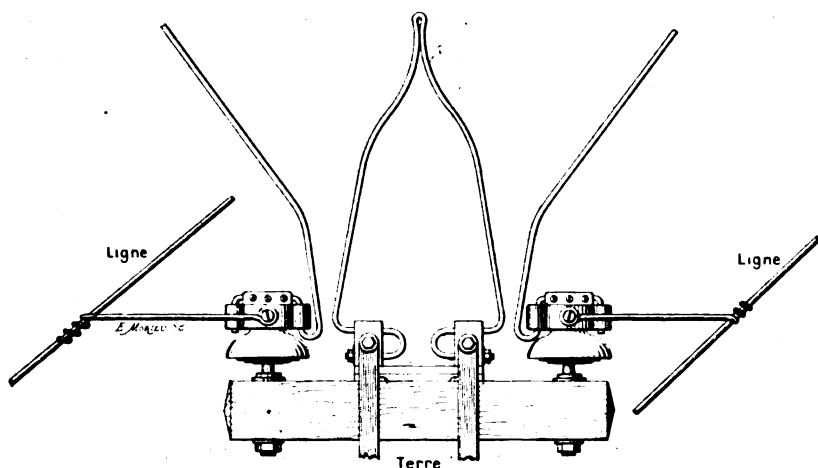
de ce genre soumis à une centaine de courts-circuits à la tension de 1000 volts s'est très bien comporté et n'a donné lieu à aucune trace de brûlure sur les fils. L'expérience était réalisée au moyen de transformateurs de 30000 watts alimentés par un alternateur donnant 100 kilowatts, mais qui n'était actionné que par un moteur de 50 chevaux.

» Dans une installation à courants polyphasés comportant une génératrice de 750 chevaux et plusieurs grands transformateurs de 200 kilowatts, fournissant le courant à la tension de 8500 volts, ce même genre de parafoudre a très bien résisté. Lors du fonctionnement des appareils, les flammes atteignaient une hauteur de 3^m.

Néanmoins, l'arc s'éteignait chaque fois très rapidement, sans provoquer aucune dégradation.

» J'ai procédé aussi à quelques vérifications ayant principalement pour objet d'étudier l'action du courant d'air et l'action électrodynamique entrant en jeu dans ce système.

Fig. 15.



» Une première série d'expériences, faites avec notre collègue M. Blondel, en employant un transformateur Labour de 5 kilowatts pouvant donner une tension de 34000 volts et alimenté par le courant du secteur de la Rive gauche sous 110 volts, avec 42 périodes, nous a donné les résultats suivants :

» En opérant sur le parafoudre construit par la maison Burns que j'ai l'honneur de vous présenter et en faisant varier l'écart entre les électrodes de 6^{mm} à 34^{mm}, la tension nécessaire pour obtenir la décharge disruptive a varié de 12000 à 28000 volts. En faisant arriver le courant dans les conditions normales, c'est-à-dire par le bas des électrodes, l'arc s'élevait rapidement et se coupait avec une très grande régularité. Nous avons reconnu que la disposition symétrique des électrodes, avec courbe continue, rendait la rupture de l'arc plus régulière que lorsque ces électrodes présentaient des coudes brusques. L'intensité du courant dans l'arc ne dépassait pas, pour ces expériences, un dixième d'ampère.

» Pour nous rendre compte de l'influence respective du courant

d'air et de l'action électrodynamique, nous avons d'abord placé horizontalement les cornes de l'appareil; l'arc ne s'est pas déplacé dans le plan horizontal, mais, soulevé par le courant d'air, il s'est coupé; nous avons ensuite rattaché les conducteurs à la partie supérieure des cornes en les replaçant verticalement.

» Dans ces conditions, le phénomène s'est reproduit exactement, comme dans le cas où les fils arrivaient par le bas, de sorte que nous avons pu en conclure que l'action électrodynamique était insensible dans ces circonstances et que la rupture était due uniquement à l'action énergique du courant d'air.

» Je dois signaler que nous limitons le courant en intercalant une self-induction variable sur le circuit à basse tension.

» J'ai vérifié ensuite qu'en employant des courants plus intenses, de 20 ampères environ, l'action électrodynamique, sur l'arc, devient très sensible aussi bien avec le courant continu qu'avec les courants alternatifs.

» J'ai opéré avec du courant continu à 120 volts et des courants alternatifs à 80 volts. Dans le dernier cas, l'arc était établi entre des charbons afin de lui donner une certaine stabilité.

» En dehors des types principaux de parafoudres que je viens de décrire, il existe encore un nombre considérable de modèles: La multiplicité des systèmes qui ont été appliqués fait ressortir la difficulté du problème et l'absence de règles théoriques bien établies pouvant servir de guide.

» Sans prétendre la question complètement élucidée à l'heure actuelle, il est permis de dire qu'elle a fait depuis l'origine de sérieux progrès et qu'on connaît aujourd'hui des moyens de préservation efficaces des installations électriques contre les décharges atmosphériques.

» Pour résumer, je donnerai donc les conclusions qui ressortent de l'étude qui précède.

» La conduite à la terre des décharges atmosphériques semble pouvoir se faire avec sécurité en reliant les parafoudres à la terre par un conducteur offrant le minimum possible de self-induction et en rattachant ce conducteur à une prise de terre de résistance suffisamment faible. Il faut noter que si, à l'origine, on se préoccupait plus spécialement de la faible résistance de la prise de terre, on a

reconnu depuis qu'il fallait porter au moins autant d'attention à réduire la self-induction sur le trajet tracé pour la foudre.

» Les connaissances acquises sur les propriétés particulières aux décharges oscillantes justifient cette manière de voir qui est sanctionnée par la pratique.

» On peut donc préciser les meilleures conditions à observer pour établir les prises de terre et les conducteurs qui y aboutissent.

» Lorsqu'il est possible d'atteindre une nappe d'eau, il convient d'immerger une plaque, un câble, un ruban ou un tuyau métallique offrant une surface de 1^{mq} .

» Si on ne peut atteindre de nappe d'eau, on doit placer la pièce métallique devant former contact avec la terre dans un lit de coke menu ayant un volume de 2^{mc} environ.

» Par ces procédés, on peut réduire à une dizaine d'ohms la résistance à la terre.

» Il faut en tout cas avoir bien soin de donner aux pièces métalliques ainsi enterrées des dimensions suffisantes pour en assurer la longue conservation. Une épaisseur de 5^{mm} est convenable pour de la tôle galvanisée et de 2^{mm} pour du cuivre rouge.

» La liaison aux canalisations d'eau et de gaz donne d'excellents résultats, à condition que les joints de ces canalisations soient métalliques.

» La liaison entre les parafoudres et les tuyaux doit se faire par un collier métallique offrant une surface de contact d'environ 100^{mmq} . S'il existe sur ces canalisations des compteurs, il ne faut pas manquer de les shunter.

» Pour la conduite à la terre des décharges atmosphériques un conducteur métallique quelconque de 1^{cmq} carré de section semble largement suffisant. Du ruban de cuivre de 2^{cm} à 3^{cm} de largeur et de 2^{mm} à 3^{mm} d'épaisseur paraît très convenable.

» La protection générale de l'installation peut être obtenue par un réseau de ronce artificielle placé au-dessus des canalisations extérieures et relié à la terre en un très grand nombre de points. Le mieux est, si possible, d'établir cette liaison à chaque support de la canalisation. Cette protection doit être complétée par l'emploi

de parafoudres suffisamment sensibles placés à l'entrée des bâtiments renfermant des appareils délicats et, en particulier, à l'entrée des usines génératrices. On peut admettre comme appareils complémentaires de ce genre les parafoudres avec plombs fusibles, à condition qu'ils puissent être surveillés convenablement.

» A l'entrée des immeubles et avant les appareils à protéger, il faut donner aux conducteurs une certaine self-induction en les enroulant en hélices d'une dizaine de tours.

» Les parafoudres proprement dits doivent être de types différents lorsqu'il s'agit de courant continu ou de courants alternatifs. Cette différence est justifiée par ce fait que l'arc continu persiste beaucoup plus facilement que l'arc alternatif, ce dernier se coupant complètement chaque fois que l'intensité passe par zéro, lorsqu'il jaillit entre des électrodes métalliques. En conséquence, des mesures plus énergiques doivent être prises pour assurer la rupture de l'arc sur les installations à courant continu. Le soufflage magnétique donne une excellente solution à tous égards.

» Toutefois, il faut reconnaître que certains appareils automatiques à peignes mobiles donnent dans la pratique de bons résultats, quoique l'emploi de pièces mobiles dans un parafoudre paraisse critiquable. Pour les courants alternatifs à haute tension, les divers systèmes basés sur la formation d'arcs en série, entre des pièces métalliques, fonctionnent bien.

» Quel que soit le métal employé, l'arc se maintient difficilement. Mais, cependant, cette propriété n'est pas absolument la même pour tous les métaux. Ainsi, le cuivre est moins avantageux pour la rupture de l'arc que le zinc et certains alliages de zinc et d'antimoine employés pour les parafoudres Wurtz.

» Un excellent système est celui de Siemens et Halske, basé à la fois sur la facilité de rupture de l'arc entre les électrodes métalliques, sur l'action très énergique du courant d'air produit lors du passage de l'arc et, enfin, sur l'action électrodynamique à laquelle cet arc se trouve soumis. Son extrême simplicité permet de multiplier les appareils sans frais exagérés.

» En terminant je tiens à adresser mes remerciements : à M. Potier pour les précieux avis qu'il m'a si aimablement donnés, à M. Blondel

pour son obligeant concours, aux constructeurs qui ont bien voulu mettre leurs appareils à ma disposition et à M. Besson qui m'a fort utilement aidé. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Bochet.

L'INTERRUPTEUR DE WEHNELT ET SES APPLICATIONS (¹).

Par M. ED. HOSPITALIER.

Le dépouillement du scrutin étant terminé, M. le PRÉSIDENT proclame les résultats suivants :

Suffrages exprimés.....	215
Majorité.....	108

PRÉSIDENT :

Pour l'exercice 1900-1901.

MM.	Nombre de voix obtenues.
MASCART (E.), Membre de l'Institut.....	210

VICE-PRÉSIDENTS :

HARLÉ (E.), Associé-Gérant de la Maison Sautter, Harlé et C ^{ie}	215
SARTIAUX (Eug.), Chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord	207

SECRÉTAIRES :

CHAUMAT (H.), Chef des Travaux à l'École supérieure d'Électricité.	213
RAVEAU (C.), Répétiteur à l'Institut national agronomique	211

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

GOSSELIN (X), Chef des Travaux électriques à l'École Centrale des Arts et Manufactures.....	214
--	-----

MEMBRES :

Pour trois ans.

BOISTEL (E.), Ingénieur conseil.....	212
BRILLOUIN (Marcel), Maître de Conférences à l'École Normale supé- rieure	213
CLÉMANÇON (E.), Président de la C ^{ie} générale des Travaux d'éclai- rage et de force	214

(¹) Cette Communication sera publiée dans un prochain numéro du *Bulletin*.

MM.	Nombre de voix obtenues.
DARRIEUS (G.), Capitaine de frégate	212
DUCRETET (E.), Constructeur-Électricien	212
GUILBERT (C.), Ingénieur	213
LABOUR (E.), Ingénieur des <i>Ateliers de la Société d'Éclairage élec-</i> <i>trique</i>	214
LAFFARGUE (J.), Ingénieur électricien	214
LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut	214
MEYER (Ferdinand), Directeur de la <i>C^{ie} continentale Edison</i>	210
MILDÉ (Ch.), Constructeur-électricien	212
NERVILLE (F. de), Ingénieur des Télégraphes	214
PELLAT (H.), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.	215
PERRIN (P.), Ingénieur	215
SARCIA (J.), Ingénieur	214
STREET (Ch.), Ingénieur des Arts et Manufactures	214

Pour deux ans.

BRUNSWICK (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures	210
--	-----

COMMISSION DES COMPTES :

ARMENGAUD jeune, Ingénieur civil	215
BERTHON (A.), Administrateur de la <i>Société industrielle des Télé-</i> <i>phones</i>	215
MASSON (G.), Éditeur	215

M. R.-V. PICOV, *Président sortant*. — « Messieurs et chers Collègues, avant de résigner le mandat que je tiens de votre confiance, j'ai un dernier devoir à remplir. Je dois d'abord adresser des souhaits de bienvenue aux nouveaux membres du Comité que vous venez d'élire.

» Je dois aussi des remerciements bien sincères au personnel dévoué dont le concours désintéressé assure la marche de nos services.

» Vous venez de manifester la confiance que vous inspire M. Goselin, en renouvelant son mandat de Secrétaire général. C'est la juste reconnaissance de son dévouement. Avec l'aide de M. Sabourain comme Secrétaire du Comité, il continuera donc à tenir les fils de notre organisation générale et à conserver les traditions sociales.

» Je vous demande de mettre hors de pair notre remarquable

Trésorier, M. Violet, qui a assumé toute la partie financière si importante, mais si ingrate, de notre administration. Il a révélé dans ces fonctions des aptitudes d'autant plus remarquables qu'elles sont plus rares chez un ingénieur. L'exactitude et la précision de ses comptes ne sont comparables qu'à celles des instruments qu'il sait également bien construire; elles nous rendent sa collaboration infiniment précieuse.

» J'aurais scrupule, Messieurs et chers Collègues, à vous retenir plus longtemps, après une aussi longue et laborieuse séance. Mon dernier mot sera donc seulement pour vous exprimer encore ma profonde gratitude pour l'honneur auquel vous m'aviez appelé. Je me suis efforcé d'être, faute de qualités plus brillantes, un président laborieux. Je ne sais si j'ai réussi à n'être pas trop inférieur à ma tâche; mais, en transmettant la présidence à mon éminent successeur, M. Violle, j'ai le sentiment que l'équilibre nécessaire entre l'homme et la fonction sera infiniment mieux assuré cette année que la précédente.

» J'invite M. Violle à prendre possession du fauteuil. »

M. VIOLLE, *Président entrant*. — « Messieurs et chers Collègues, vous me permettrez de remettre à notre prochaine séance, selon l'usage, les remerciements que j'ai à cœur de vous adresser, et de lever immédiatement la séance ce soir ».

La séance est levée à 11^h soir.

SITUATION FINANCIÈRE.

COMPTES DE L'EXERCICE 1898.

CRÉDIT.

DÉBIT.

I. — Services généraux.

Cotisations	fr 19660,00	Bulletin	fr 13249,60
Placement de cotisations libérées.....	903,95	Frais d'administration....	1294,75
Intérêts des fonds placés.	1312,91	Personnel.....	4328,00
Produits du Bulletin.....	7368,30	Frais de réunions.....	1005,60
Dons d'Ouvrages divers..	430,00	Frais de correspondance..	747,50
Profits et pertes.....	101,43	Subvention au Laboratoire.	2500,00
	29776,59	Cotisations irrécouvrables.	680,00
		Entretien de la biblio- thèque.....	68,00
		Amortissement :	
		Bibliothèque.....	430,00
		Matériel.....	588,45
		Solde créditeur.....	4884,69
			29776,59

II. — Laboratoire.

Subvention de la Société.	fr 2500,00	Frais d'opérations et essais.	fr 4233,24
Arrrages de la rente....	7903,00	Personnel.....	14763,60
Redevances pour essais..	13476,10	Frais d'administration....	3132,80
Redevances des élèves et tiers.....	2342,00	Loyer, impôts, assurances.	180,15
Intérêts des fonds placés.	670,00	Entretien des bâtiments..	367,20
Amortissement :		Entretien des machines et appareils.....	364,15
Ministère du Commerce.	5000,00	Expériences et recherches.	196,00
	31891,10	Acquisition d'instruments et matériel.....	1287,45
		Profits et pertes.....	50
		Amortissement :	
		Constructions.....	5000,00
		Solde créditeur.....	2316,51
			31891,10

III. — École.

Redevances des élèves...	23772,50	Personnel.....	fr 21977,20
Souscriptions.....	18000,00	Travaux des élèves.....	7990,91
Intérêts des fonds placés.	385,00	Frais d'administration...	3840,75
Dons de divers.....	1000,00	Entretien des bâtiments..	278,45
Abandon d'obligations...	5500,00	Entretien du matériel....	1342,45
Dons de matériel.....	1355,00	Impôts et assurances....	460,40
Prélèvements sur fonds disponibles.....	4555,61	Frais d'émission.....	572,95
Prélèvements sur fonds d'emprunt.....	53944,05	Intérêts de l'emprunt....	1800,00
	108512,16	Amortissement de l'em- prunt.....	8500,00
		Constructions.....	38917,75
		Acquisition d'instruments et matériel.....	21026,30
		Profits et pertes.....	450,00
		Amortissement :	
		Instrument et matériel.	1355,00
	170179,85		108512,16
			170179,85

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1898.

ACTIF.

Fonds social (valeur au 31 décembre 1898) :	
50 obl. P.-L.-M. fusion.	23600,00
14 obl. Est 3 %.	6573,00
4 obl. Ouest algér. 3 %.	1828,00
32 ^{fr} de rente 3 %.	1086,40
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1898) :	
270 ^{fr} de rente 3 %.	9166,50
Caisse	311,72
Cotisations à toucher	3200,00
Bibliothèque	8076,10
Matériel	1500,00
	55341,72

PASSIF.

I. — Société.

Solde des frais de publication du Bulletin	1231,05
Compte d'ordre	219,10
Recettes anticipées :	
Cotisations libérées	221,05
Id. 1899	120,00
	1791,20

II. — Laboratoire.

Constructions	267987,88
Bibliothèque	1681,90
Instruments et matériel	114082,49
Caisse et banquier	4418,01
Débiteurs divers	494,00
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1898) :	
100 ^{fr} de rente 3 %.	3395,00
Sommes affectées à l'installation (valeur au 31 décembre 1898)	9338,62
	401397,90
Ministère du Commerce	75000,00
Ville de Paris	4000,00
Créditeurs divers	1756,50
Compte d'ordre	1274,30
	82030,80

III. — École.

Instruments et matériel	35214,80
Construction	38917,75
Caisse et banquier	1637,24
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1898)	21255,30
Fonds d'emprunt (valeur au 31 décembre 1898)	6055,95
Élèves débiteurs	1550,00
Outillage des élèves	95,65
Compte d'ordre	161,40
	104888,09
Emprunt	51500,00
Amortissement de l'emprunt	8500,00
Coupons n° 1	1678,00
Redevances des élèves pour 1899	11012,50
	72690,50
	156512,50
Avoir net au 31 décembre :	
Société	53550,52
Laboratoire	319367,10
École	32197,59
	405115,21
	561627,71

SITUATION DES FONDS AFFECTÉS A L'INSTALLATION DU LABORATOIRE

au 31 décembre 1898.

RECETTES.		DÉPENSES.	
	fr		fr
Don de MM. Gramme et Fontaine...	10000,00	Reliquats remis au Laboratoire.....	280,70
» du Congrès des Électriciens....	5067,80	Constructions et installation.....	277387,88
» ~~de la Classe 62~~	10778,40	Instruments et matériel.....	53197,90
» du Syndicat des Électriciens...	4249,20	Bibliothèque.....	1054,75
» de M. Delaunay-Belleville.....	~~5000,00~~	Ville de Paris.....	1000,00
» de MM. Mildé et C ^{ie}	500,00		
Souscriptions et intérêts.....	101095,65		
Aliénation d'une partie de la rente ..	100000,00		
Legs Giffard.....	100000,00		
Bénéfice sur vente de valeurs	1969,05		
Versement du Laboratoire pour ap- point du placement des 100 000 ^{fr} de l'aliénation de rente	162,35		
Boni sur valeurs en garde au Crédit lyonnais (différence entre le cours d'achat et le cours du 31 décem- bre 1898).....	3437,40	Reliquat en dépôt au Crédit lyonnais, représenté par 270 ^{fr} de rente 3 %.....	9166,50
	342259,85	Espèces.....	172,12
			9338,62
			342259,85



PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

Oscillations d'alternateurs en parallèle; *G. Kapp*. — Court circuit et commutation des dynamos à courant continu; *E. Arnold* et *G. Mie*.

23/2. Court circuit et commutation des dynamos à courant continu (*fin*); *E. Arnold* et *G. Mie*. — Réducteur pour accumulateurs; *H. Müller*. — Système de contrôle des courants de terre dans les tramways; *M. Kalmann*.

2/3. Représentation du fonctionnement des transformateurs; *C. Heinke*. — Mesures d'isolement de réseaux à trois fils; *J. Kollert*.

9/3. Essais de câble à 10000 volts; *A. Hassold*. — Représentation... (*suite*); *C. Heinke*.

16/3. Séparation des pertes par hystérésis, courants de Foucault et frottements; *G. Dettmar*. — Représentation... (*fin*); *C. Heinke*.

23/3. Séparation... (*fin*); *G. Dettmar*. — Interrupteurs pour appareils d'induction; *F. Dessauer*.

ANGLETERRE.

The Electrical Review.

17/2. Localisation des défauts; *A. Jordan* et *W. Schonau*.

24/2. Champs magnétiques tournants et oscillants (*suite*); *M. Field*.

3/3. Feeders de retour pour les tramways. — Sur la loi KR; *W. Moon*.

10/3. Turbines à vapeur; *R. Kennedy*. — Station de la City and London Electric Co.

17/3. Station... (*fin*). — Sur la loi KR (*fin*); *W. Moon*. — Champs magnétiques... (*fin*); *M. Field*.

24/3. Signaux du siphon Recorder; *Rymer-Jones*.

The Electrician.

17/2. Des fuites magnétiques dans les transformateurs; *A. Russell*. — Traction avec contacts superficiels; *M. Walker*.

24/2. Des fuites... (*suite*); *A. Russell*. — Diagramme de moteurs d'induction (*suite*); *J. Hawkins*. — Charbons à lumière... (*suite*); *F. Jehl*.

3/3. Charbons... (*suite*); *F. Jehl*. — Stations de Lincoln et de High Wycombe.

10/3. Télégraphie sans fils; *G. Marconi*.

17/3. Station de Canterbury. — Le moteur d'induction; *E. Wilson*.

24/3. Tramways de Blackburn. — Traction électrique; *P. Dawson*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

- 12/2. Automobiles électriques; *E. Egger*.
19/12. Automobiles... (*fin*); *E. Egger*.
3/3. Distribution polyphasée; *G. Stern*. — Emploi de l'interrupteur de Wehnelt avec courant alternatif.
12/3. Nouveau système d'éclairage des trains; *E. Dick*.
19/3. Nouveau système... (*fin*); *E. Dick*.

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

- 9/2. Procédé Maxim pour fabriquer des filaments de lampe à haute tension.
16/2. Réglage des lampes à arc; *A. Adams*.
23/2. Électricité à bord; *S. Greene*. — Accumulateurs et tramways; *R. Lloyd*.
2/3. Essais du télégraphe imprimeur multiple Rowland, entre Philadelphie et Jersey City.
4/2. Derniers progrès dans l'emploi des accumulateurs; *J. Appleton*. — Moteurs à courant alternatif; *T. Meston*.
11/2. Chemin souterrain de Boston. — Tendances des nouvelles stations centrales; *J. Arnold*. — Centralisation des sources d'énergie dans les bureaux centraux... (*suite*); *K. Miller*.
18/2. Erreurs d'hystérésis dans les appareils de mesure; *W. Stine*. — Station centrale de la Consolidated Traction Co de Pittsburgh; *G. Greenwood*. — Expériences sur des piles à acide fluorhydrique; *J. Alexander*.
25/2. Rapport des intensités moyennes horizontale et sphérique des lampes à incandescence; *R. Fessenden*. — Emploi de l'étalon Methven avec cheminée noircie; *R. Fessenden*.
4/3. Réglage et rendement des moteurs; *A. Adams*. — Transmission de Bozon-Méran.
11/3. Installation du New-Boston Railway Terminal. — Dimensions des armatures; *G. Hantchet*.
-

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Allocution de M. J. Violle, Président, p. 214.

Seconde excursion en Suisse par les élèves de l'École supérieure d'Électricité (M. Jacques Guillaume), p. 217. — L'interrupteur électrolytique de Wehnelt et ses applications (M. Ed. Hospitalier), p. 248.

BIBLIOGRAPHIE, p. 256.

OUVRAGES OFFERTS, p. 257.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 258.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 3 mai 1899 (1).

PRÉSIDENCE DE M. J. VIOLLE.

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale et de la Réunion mensuelle ordinaire tenues le 12 avril est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société (voir p. 257) et des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Binet, Capitaine-adjoint à l'atelier de précision de la Section technique de l'Artillerie. 1, place Saint-Thomas-d'Aquin, à Paris. — Présenté par MM. Violle et P. Janet.

Borzecki (Charles), ancien Élève au Laboratoire central d'Électricité, 9, rue Pierre-Charron, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et F. Laporte.

Détroyat (Jean-M.-T.-A.), Ingénieur-adjoint au Directeur du Chemin de fer métropolitain de Paris, 9, rue Decamps, à Paris. — Présenté par MM. le général Sebert et F. Laporte.

Hainglaise (Pierre-Victor), Ingénieur chargé du laboratoire d'études techniques aux Ateliers de construction de l'Artillerie, à Puteaux, 18, rue de la Sourdière, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et H. Chaumat.

Ragot (Alfred), Chef d'atelier à la *Compagnie française d'appareillage électrique*, 37, rue Volta, à Paris. — Présenté par MM. Larnaudé et Zetter.

Smith (William-H.), Associate Member Institution of Electrical engineer, 9, South Vien-Terrace South circular Road, à Dublin (Ireland). — Présenté par MM. R. Aylmer et Waterhouse.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT annonce la mort de M. FRIEDEL, Membre de l'Institut, et celle de M. WIEDEMANN, professeur à l'Université de Leipzig; il prend la plus vive part aux regrets unanimes que ces pertes cruelles ont causés dans le monde savant.

Des remerciements sont adressés aux auteurs des dons suivants :

A la Société :

M. L. POINCARÉ 50^{fr}

A l'École :

M. J. VIOLLE Abandon d'une obligation amortie
M. E. SARTIAUX Abandon de 5 coupons

M. le PRÉSIDENT. — « Messieurs et chers Collègues, le très grand honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la présidence de la Société internationale des Électriciens met le comble à la bienveillance dont j'ai déjà reçu de si nombreux témoignages. C'est un devoir agréable pour moi de vous en exprimer ma vive et sincère gratitude.

» S'il m'était permis de rechercher les raisons de votre choix, j'aimerais à penser que vos suffrages se sont portés sur l'ouvrier de la première heure qui a toujours eu pleine confiance dans le

succès de nos efforts, qui n'a jamais douté du brillant avenir de notre Société dont l'importance grandit en effet chaque jour, ainsi que l'attestent ses développements progressifs et les précieux services qu'elle rend à l'industrie nationale.

» Sans doute espériez-vous aussi, Messieurs, que mes relations de voisinage immédiat avec le savant illustre pour lequel nous avons tous une admiration respectueuse, me permettraient d'apporter ici le reflet de sa pensée, l'écho de ses sentiments presque paternels pour une œuvre qui lui doit tant. Et, en effet, dans les trop rares entretiens qu'il m'est donné d'avoir avec mon cher confrère et ami, M. Potier, la situation actuelle de notre Société, son rôle futur et ses intérêts permanents tiennent la meilleure place.

» Aujourd'hui que la Société internationale des Électriciens, non **contente d'affirmer** par elle-même sa vitalité scientifique, a pris la **plus féconde** initiative et manifesté son activité sous toutes les formes **par la fondation** du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité, **vous** avez le droit, Messieurs, d'être fiers en considérant le chemin parcouru depuis l'origine.

» Les chiffres parlent d'eux-mêmes.

» Après une oscillation assez forte au début, le nombre des membres de la Société suit depuis quelques années une marche nettement ascendante : nous sommes actuellement près de 1100.

» Les recettes du Laboratoire central d'Électricité, qui étaient de 4000^{fr} la première année (1891), montaient à 5000^{fr} en 1896, à 7000^{fr} en 1897, à 13000^{fr} en 1898, et elles atteindront sans doute 16000^{fr} cette année.

» L'École supérieure d'Électricité, qui date de cinq ans à peine, avait modestement commencé avec une douzaine d'élèves : elle en compte aujourd'hui 64, dont 8 officiers français et 2 étrangers, 14 anciens élèves de l'École Polytechnique, 19 de l'École Centrale, 5 licenciés ès sciences.

» Voilà, certes, d'excellents résultats. Mais comment nous en étonner ? Nous connaissons tous la science profonde, l'ardeur infatigable, la ténacité invincible du maître qui préside aux conseils du Laboratoire et de l'École. Nos votes unanimes ont dit à M. Mascart notre gratitude ; c'était à lui qu'il appartenait de présider notre Société en 1900 et de recevoir dignement nos hôtes.

» L'Exposition prochaine sera pour l'Électricité l'occasion de succès nouveaux. Mon éminent prédécesseur, M. Picou, contribue puissamment à les préparer dans les hautes et délicates fonctions auxquelles le désignaient naturellement sa compétence reconnue et sa parfaite loyauté. Ces nobles qualités de l'esprit et du caractère, M. Picou nous a fait apprécier pendant l'année qui vient de s'écouler tout ce qu'elles valent chez un président : il apportait à la direction de nos séances son autorité incontestée et son exquise courtoisie, en même temps qu'il montrait dans les conseils ses talents supérieurs de savant technicien et d'administrateur consommé. Je suis heureux, Messieurs, d'être votre fidèle interprète en lui adressant ici nos remerciements les plus chaleureux.

» Le plaisir de rendre à des collègues aimés de tous les hommages les mieux mérités est le plus doux privilège de la présidence. Quant aux devoirs qu'elle impose, j'ose compter, pour les remplir, sur votre concours affectueux, comme vous pouvez compter sur mon dévouement sans réserve à l'œuvre commune, dont nous avons tous à cœur d'assurer la prospérité. » (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle les Communications techniques (¹).

(¹) Une Communication faite au cours de cette séance par M. C. Raveau, sur la *Variation de la résistance des métaux avec la température*, sera publiée dans le prochain numéro du *Bulletin mensuel*.

**SECOND VOYAGE D'ÉTUDES EN SUISSE DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE
D'ÉLECTRICITÉ (¹).**

M. JACQUES GUILLAUME. — « Messieurs, l'École Supérieure d'Électricité a fait, du 25 mars au 1^{er} avril dernier, un second voyage d'études en Suisse. Si vous voulez jeter un coup d'œil sur le Tableau de l'excursion, vous pourrez penser que nous n'avons pas perdu notre temps; et si la rapidité du voyage ne nous permettait pas un long séjour en chaque endroit, au moins avons-nous pu acquérir une idée générale du développement de l'électricité et des installations industrielles. Chacun de nous a pu aussi, dans nos visites, étudier les points qui l'intéressaient davantage et ce sont quelques-uns de ces détails que j'aurai l'honneur de vous exposer ce soir.

» L'École, patronnée par la Société internationale des Électriciens, spécialement recommandée par M. l'ingénieur Palaz, a été dans toutes les usines l'objet de la plus grande bienveillance. Je suis heureux, Messieurs, d'être au milieu de vous l'interprète de tous mes camarades en remerciant l'éminent professeur de Lausanne d'avoir bien voulu nous ménager partout cet excellent accueil, tous les ingénieurs suisses qui nous ont si aimablement reçus, de nous avoir donné de précieux renseignements, et aussi, et tout particulièrement, M. l'ingénieur Cottier qui nous a accompagnés presque partout et s'est montré le plus charmant des compagnons de voyage. Enfin notre dévoué chef des travaux, M. Chaumat, qui a conduit si bien et avec tant de bonne grâce notre troupe nombreuse, peut être assuré de notre respectueuse gratitude.

(¹) L'excursion était dirigée par M. Chaumat, chef des travaux, assisté de MM. Aubert et Duval.

Y ont pris part : MM. Barennes, Balme, Beutom, Boisserand, Boubnoff, Bullier, Cazes, Colin, Desaux, Diény, P. Ferrand, Grelley, Grunberg, J. Guillaume, Joret, Lacaze, Landrin, Lebel, Legrand, Payan, Pallier, Racapé, Ricunier, Rousseau, Sabatié. Schwab, Valentin Smith, Thomine, Tollu, Nelson Uhry, de Vaublanc, Vinson, de Villiers.

MM. Beutom, Diény et J. Guillaume ont été chargés de mettre en ordre les documents recueillis au cours des visites.

DATES.	LOCALITÉS.	USINES.	MODE de distribution.	ANNÉE de mise en exploit- ation.	MOTEURS.
25 mars.	GENÈVE.	Ateliers de const. de la C ^{ie} électrique (Thury).	"	"	"
			Diphasé.	1896	Turbines.
			Monophasé.	"	
		Chèvres.			
			Continu à 3 fils.	"	Commutatrices Alioth.
			Continu (tramw.).	1886	Turbines.
			Id.	1896	Commutatrices Alioth.
		Coulouvrenière.	"	1898	Diphasé à 2500°.
			Continu à 3 fils.	1887	Turbines.
			Id.	1896	Commutatrices Alioth.
26 mars.	VEVEY-MONTREUX.		Monophasé.	1887	Turbines.
		Usine de la Ville.	Continu.	"	Machines à vapeur Sulzer.
			Continu (tramw.).	"	"
			Monophasé.	1899	Machine à vapeur vert. Sulzer.
		Sublin.	Triphasé.	1898	Turbines.
			Continu (tramw.).	"	Id.
		Gryon.			
			Diphasé.	1896	Id.
		Usine des tramways.	Continu.	1896	Moteur à gaz pauvre Crossley.
27 mars.	LAUSANNE.		Id.	"	Moteur électrique.
		Usine municip* (Tramw.-Port-Gare).	Continu.	1898	Moteur triphasé à 3800°.
			"	1897	Transformateurs triphasés ~~2111~~ .
		Tramways Saint-Blaise.	Id.	"	Commutatrices Alioth 337°-500°.
			Id.	"	Commutatrice survolteuse.
		Usine du Plant-de-l'Eau.	Continu en série.	1896	Turbines.
		Usine du Champ-du-Moulin.	Élévation d'eau à une hauteur su- périeure à 500°.	"	Id.
		Usine de la Combe-Garrot.	Continu en série.	"	Id.
		Usine des Clées.	Monophasé.	1896	Id.
			Triphasé.		
28 mars.	VAL-DE-TRAVERS.	Ateliers de construction Alioth, à Münchenstein.	"	"	"
		Usine des tramways.	Continu.	1897	Machines à vapeur Sulzer.
			Id.	1897	Turbines.
			Id.	"	Id.
			Triphasé.	"	Id.
			Id.	"	Id.
			Continu (excitat.).	"	Moteur triphasé à 6800°.
29 mars.	BALE.				
29 mars.	RHEINFELDEN.				

HAUTEUR de chute.	MATÉRIEL électrique.	PUISSANCE du groupe.	NOMBRE de groupes.	POTENTIEL de distribu- tion.	OBSERVATIONS.
"	"	"	"	"	Emprunte 250 ^{chx} à l'usine de Chèvres.
4 ^m , 50 à 8 ^m , 50 (Rhône).	Alternateurs Thury.	800 à 1200 ^{chx}	Prévu p ^r 15	2500 ^v et 5000 ^v	Brûlée en partie (septembre 1898). En réinstallation.
"	Excitatrices.	"	"	"	
"	"	100kws	1	110 + 100	Pour l'éclairage, l'usine de Chèvres fournit : à la station de l'Île, 21,52 pour 100 de ce que produisent les turbines; à la station de la Coulou- vrenière, 22,16 pour 100 de la pro- duction des turbines.
3 ^m , 70 à 1 ^m , 68 (lac).	Dynamos Thury.	"	"	600 ^v	
"	"	150kws	2	600 ^v	Sur le courant diphasé de Chèvres.
"	"	1000 ^{chx}	1	"	Élévation d'eau directement à une hau- teur de 140 ^m (pompe centrif. Sulzer).
140 ^m (eau de la ville).	Dynamos Thury.	200 ^{chx}	3	110 + 110	
"	"	100kws	2	110 + 110	Sur le courant diphasé de Chèvres.
249 ^m (Chauderon).	Alternateurs.	200 ^{chx}	10	1200 ^v	
"	Dynamos.	35 ^{chx}	8		(Excitation.)
"	"	220 ^{chx}	2	600 ^v	Batterie d'acc. Tudor de 715 amp.-h.
"	Alternateurs Cërlikon.	400 ^{chx}	2	1200 ^v ou 3600 ^v	En voie de réception (secours).
165 ^m (Avançon).	Alternateurs Thury.	400 ^{chx}	4	5000 ^v	
Id.	Dynamos Thury.	350 ^{chx}	2	650 ^v	
125 ^m (Avançon).	Alternateurs Thury.	150 ^{chx}	3	3200 ^v	Éclairage des villages de Gryon, Vil- lars, Chessières; la bougie-année : Pour les particuliers. 0 ^{fr} , 80 " débiteurs.... 1 ^{fr} , 40
"	Dynamos Thury.	150 ^{chx}	3	550 ^v	
"	Survolteur.	"	1	50 ^v -125 ^v	Batterie d'accumul. Pollak de 700 am- pères-heures.
"	Dynamos Alioth.	300kws	2	600 ^v	Batterie Tudor de { Courant primaire 130 ampères-h. venant de l'u- sine des Clées.
"	"	46kws	"	"	
"	"	40kws	2	500 ^v	
"	"	quelques kws.	"	"	Batterie Tudor de 66 ampères-heures.
29 ^m (Areuse).	Dynamos Thury (65 amp.).	250 ^{chx}	5	2600 ^v p ^r chaq. mach.	
"	"	"	"	"	Alimentation de la Chaux-de-Fonds et Le Locle.
80 ^m (Areuse).	Dynamos Thury (150 amp.).	400 ^{chx}	8	1800 ^v p ^r chaq. mach.	
56 ^m (Areuse).	Alternateurs Alioth.	300 ^{chx}	6	4000 ^v	Alimentation de la ville de Neuchâtel.
"	"	"	"	"	
"	Dynamos Alioth.	350 ^{chx}	3	500 ^v	
1 ^m à 6 ^m (Rhin).	Dynamos Cërlikon.	840 ^{chx}	"	80 ^v	7600 ampères. } Électrolyse. En montage.
"	Dynamos A. E. G.	840 ^{chx}	"	"	
"	Alternateur Cërlikon.	840 ^{chx}	"	6800 ^v	
"	Alternateur A. E. G.	840 ^{chx}	"	6800 ^v	
"	Dynamos.	150 ^{chx}	3	130 ^v	

DATES.	LOCALITÉS.	USINES.	MODE de distribution.	ANNÉE de mise en explo- itation.	MOTEURS.
30 mars.	BADEN.	Ateliers de construction Brown, Boveri et C ^{ie} .	"	"	"
	ZURICH.	Ateliers de construction de machines Erlikon.	"	"	"
		Usine de la ville (Letten).	Triphasé. Id.	"	Machine à vapeur. Id.
31 mars.	RATHAUSEN.	"	"	"	Turbines.
			Diphasé. Id.	"	Id.
	OLTEN.	"	Id.	"	Machines à vapeur Sulzer.
			Id.	"	Turbines.
1 ^{er} avril.	LANGENTHAL.	Usine à carbure de calcium.	Id.	"	Id.
			Continu (excitat.).	"	Moteurs diphasé à 5000'.
	WYNAU.	"	"	"	"
			Triphasé.	1896	Turbines.
			Continu (excitat.).	"	Id.
	BERNE.	Usine de la Ville.	Continu.	"	Id.
			Id.	"	Moteur électrique.

» Comme le faisait remarquer M. P. Janet, en présentant les notes de voyage de la promotion qui nous a précédés, le nombre et la variété des installations hydrauliques et électriques de la Suisse permettent d'étudier et de comparer les systèmes, la visite des stations est une illustration de l'histoire de l'Électrotechnique, en même temps la visite des ateliers de construction montre les manifestations d'une initiative éclairée et permet de se rendre compte des tendances nouvelles. C'est à ce point de vue que nous avons recherché, autant que possible, la date des études relatives à chaque installation, en considérant la date de la mise en exploitation qui est de deux ou trois ans postérieure.

» Dans les installations nouvelles à courant alternatif, on ne fait usage que du triphasé. La crainte que l'on avait autrefois de troubler toute une distribution par un mauvais équilibre entre les phases a si bien disparu, qu'on n'hésite même pas à surcharger une phase, de manière à alimenter sur elle seule le réseau d'éclairage. Le courant continu n'en occupe pas moins une place à part et très considérable; c'est lui qui est exclusivement utilisé pour les tramways.

HAUTEUR de chute.	MATÉRIEL électrique.	PUISSANCE du groupe.	NOMBRE de groupes.	POTENTIEL de distribu- tion.	OBSERVATIONS.
"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	
"	Alternateur Erlikon.	1200 ^{cha}	2	"	
"	Id.	750 ^{cha}	"	"	
"	Alternateur Kapp.	300 ^{cha}	"	550 ^v	
4 ^m , 80 à 4 ^m , 50 (Reuss).	Alternateur Brown.	300 ^{cha}	5	3300 ^v	
"	Id.	600 ^{cha}	1	3300 ^v	
2 à 3 ^m , 50 (Aar).	Alternateurs.	300 ^{cha}	6	5000 ^v	28 tours par minute.
"	Id.	600 ^{cha}	2	"	Conduits chacun par deux turbines.
"	Dynamos.	"	2	"	
"	"	"	"	"	
4 ^m (Aar).	Alternateur Siemens.	750 ^{cha}	4	450 ^v	12 transformateurs Sie- } 450 ^v à 8000 ^v . mens de 200 ^{kw} .
"	Dynamos Siemens.	120 ^{cha}	2	"	955 ampères.
1 ^m , 30 à 4 ^m , 50 (Aar).	Dynamos Erlikon.	150 ^{cha}	3	120 ^v -140 ^v	340 ampères. { 4 batteries d'accu- mulateurs, en tout
"	Survolteur.	"	2	10 ^v -50 ^v	1400 amp.-heures.

urbains, et son emploi avec la haute tension des distributions en série donne de très bons résultats.

» On semble n'être arrêté dans le choix des tensions que par les difficultés d'isolation des transformateurs ou de la ligne; dès lors les transports à très grande distance se généralisent, d'autant qu'il ne reste plus guère de chutes à exploiter, et parallèlement se développe l'emploi des transformateurs statiques, des groupes transformateurs et des commutatrices.

» Voici à ce propos quelques chiffres relatifs aux installations faites en Suisse en 1898. Le nombre des grandes installations n'est que de 3 et leur puissance totale est de 10465 kilowatts. Mais il a été fait en tout 70 installations, ainsi réparties :

- » 33 pour l'éclairage, dont 23 en continu; 10 en alternatifs;
- » 23 pour le transport de force motrice, dont 15 en continu, 1 en diphasé, 7 en triphasé;
- » 14 pour l'éclairage et le transport, dont 7 en continu, 7 en triphasé;
- » En tout 16854 kilowatts ont été installés, dont 13,8 pour 100

représentent les agrandissements d'anciennes exploitations. La plus haute tension a été installée à l'usine appelée Elektrizitätswerk an der Kander (Thun), qui produit 3000 kilowatts sous 16000 volts.

» S'il n'y a rien de bien particulier à noter au sujet des génératrices, puisque les différents ateliers de construction installent des machines de types bien connus (¹), il n'en est pas de même des moteurs. La tendance est d'employer autant que possible la haute tension directement; un des plus remarquables exemples est le moteur de 1000 chevaux qui a été récemment installé à la Coulouvrenière. Il est alimenté directement par du courant diphasé à 2500 volts. La pompe qu'il actionne n'est pas moins intéressante, puisqu'elle refoule directement l'eau à une hauteur de 140^m.

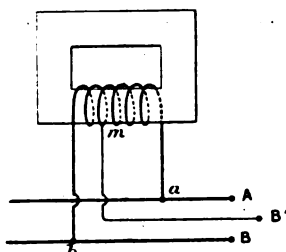
» Comme les moteurs à cage d'écureuil absorbent au démarrage beaucoup de courant, il arrive souvent que les cahiers des charges n'en autorisent l'emploi qu'au-dessous de 4 ou 5 chevaux. On a donc, en somme, le plus souvent recours aux moteurs à partie mobile bobinée. Parfois, au démarrage, on introduit à l'aide de bagues et de frotteurs des résistances extérieures; parfois les résistances sont placées dans l'induit et peuvent être mises en court circuit de l'extérieur et en marche à l'aide d'une tige traversant l'arbre. Souvent on crée des dissymétries; quelques ateliers disposent les conducteurs obliquement par rapport aux génératrices de l'armature. Un autre moyen sert à faire démarrer le moteur de 1000 chevaux cité tout à l'heure: il comporte l'emploi de l'autotransformateur, qui permet de faire varier en sens inverse le potentiel et l'intensité jusqu'au moment où, la machine ayant pris la vitesse de synchronisme, l'appareil est mis hors circuit.

» L'autotransformateur est en somme une bobine de self-induction (*fig. 1*). Un point *m* de l'enroulement est relié à une des bornes du moteur, l'autre borne est connectée à la source. Le circuit du moteur est dès lors parcouru par un courant venant par le fil *am*, par exemple. Ce courant produit un flux dans le noyau, d'où résulte une force électromotrice dans l'enroulement *mb*; cette force élec-

(¹) Nous avons choisi les photographies qui sont reproduites dans le texte de cette Communication, de manière à donner une idée de chacun de ces types.

tromotrice détermine à son tour un courant qui vient s'ajouter à celui de am . Si l'on fait varier le point m , on fait varier en même temps le courant qui alimente le moteur.

Fig. 1.



» Si au lieu d'employer une bobine de réaction, on se sert d'un transformateur dont, pendant le démarrage, on fait varier le rapport de transformation, l'effet sera le même. C'est là un moyen dont l'emploi se présente tout naturellement pour le démarrage des commutatrices. Si ces commutatrices sont survolteuses, on peut, à l'aide de l'appareil de démarrage même, effectuer un réglage grossier de la tension aux balais.

» Pour les usines qui possèdent en même temps des groupes transformateurs ou survolteurs, ou encore des commutatrices en même temps qu'une source de courants continus, on se sert de ces derniers pour le démarrage; c'est d'ailleurs le même procédé qui permet de mettre en marche à Lausanne les moteurs à gaz pauvre. Nous avons vu effectuer l'opération: elle est rapide et peu coûteuse. Cependant, à Neuchâtel, les commutatrices possèdent un système de démarrage spécial.

» Comme vous le voyez, Messieurs, notre voyage a commencé à Genève, et c'était un heureux début. Nous avons pu voir là de belles installations, très bien menées et donnant de tels résultats qu'on va bientôt installer une nouvelle usine analogue à celle de Chèvres et pouvant fournir environ 24 000 chevaux. L'usine de Chèvres ne possède qu'une force motrice disponible de 12 000 chevaux; le prix total de cette dernière était estimé à 5 220 000^{fr}, soit en moyenne 495^{fr} par cheval.

Coût final de l'usine de Chèvres (devis)
(12000 chevaux).

Barrage.....	780000
Canal d'aménée.....	160000
Bâtiment des turbines.....	1280000
Canal de fuite.....	20000
Travaux accessoires.....	40000
Turbines.....	880000
Installations électriques.....	1450000
Expropriations.....	260000
Total.....	4870000
Intérêts pendant la construction.....	100000
Imprévu.....	250000
Total général.....	5220000

Dépense par groupe : 180000^{fr}, ainsi répartis :

Turbines et accessoires.....	60000	}	63000
Pompe à huile.....	2000		
Tuyaux de raccordement.....	1000		
Alternateur ou dynamo.....	80000	}	91000
Transport, pose, raccordements.....	10000		
Entourage.....	1000		
Chambre d'eau.....	10000	}	26000
Scellement des machines.....	2000		
Vanne d'introduction, mécanisme, grille.....	14000		
			180000

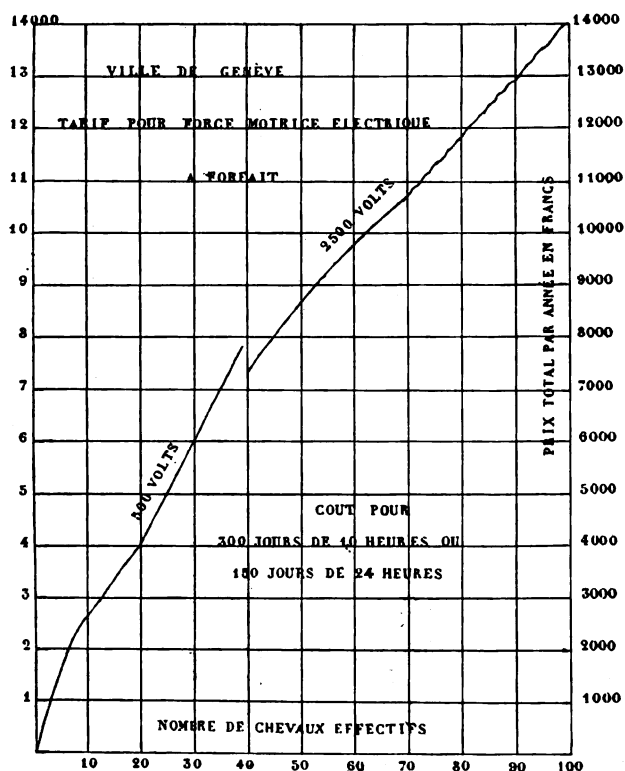
» Malheureusement, en septembre 1898, un court circuit au tableau a causé la destruction d'une partie des machines installées à cette époque, et les résultats financiers ne seront pas ce qu'on avait pensé. Cette installation est en voie de réorganisation, aussi n'avons-nous pas pu la voir en détail. La bonne grâce de M. Buttica me permet de vous apporter quelques résultats d'exploitation intéressants, relatifs à l'année 1897.

» Pour le réseau force, les recettes ont été de 178412^{fr},50; le kilowatt-heure, vendu 0^{fr},0501, revenait à 0^{fr},0159. Pour le réseau lumière, les recettes ont été de 561006^{fr},15; le kilowatt-heure produit revenait, sans compter l'intérêt et l'amortissement, à 0^{fr},194 et était vendu 0^{fr},535, ce qui fait ressortir la bougie-heure au prix moyen de 0^{fr},0034 (chiffre calculé en estimant une dépense de 5 watts par bougie). Dans le chiffre total des dépenses d'entretien

de ce dernier réseau, l'entretien des lampes ressort pour 37,2 pour 100, celui des commutatrices pour 17,5 pour 100 et celui du câble pour 17,4 pour 100. De la force motrice totale produite à Chèvres, l'éclairage absorbe, tant en continu qu'en alternatif, 27,5 pour 100, et les tramways 6,5 pour 100.

» Nous avons dessiné (fig. 2) la courbe représentant les prix de vente à forfait de l'énergie électrique de la distribution force motrice,

Fig. 2.



les moteurs sont branchés, suivant leur puissance, soit sur le circuit à 500 volts, soit sur celui à 2500 volts. Si, dans ce dernier cas, l'abonné ne veut pas employer de moteurs à haute tension, les frais de transformation sont à sa charge. Chaque moteur doit être muni d'un interrupteur à minima et d'un compteur de tours. Notons en passant que les fusibles sont constitués pour la haute tension par des fils d'argent. 1^{er} d'argent suffit, paraît-il, pour 100 chevaux.

TARIF POUR FORCE MOTRICE ÉLECTRIQUE A FORFAIT.

**Coût à partir du 1^{er} janvier 1898 pour 300 jours de 10 heures par jour
ou 150 jours de 24 heures par jour.**

NOMBRE des chevaux effectifs.	PRIX total par année.	NOMBRE des chevaux effectifs.	PRIX total par année.	NOMBRE des chevaux effectifs.	PRIX total par année.	NOMBRE des chevaux effectifs.	PRIX total par année.
Tension à 500 volts.	1/8 75	Tension à 500 volts.	25 5000	Tension à 2500 volts.	52 8890	Tension à 2500 volts.	79 11770
	1/4 150		36 5200		53 9010		80 11840
	1/2 250		37 5400		54 9130		81 11990
	1 400		38 5600		55 9240		82 12050
	2 770		39 5800		56 9350		83 12200
	3 1110		40 6000		57 9460		84 12260
	4 1420		41 6200		58 9570		85 12410
	5 1710		42 6400		59 9680		86 12470
	6 1960		43 6600		60 9780		87 12620
	7 2180		44 6800		61 9880		88 12670
	8 2380		45 7000		62 9980		89 12820
	9 2550		46 7200		63 10080		90 12870
	10 2680		47 7400		64 10180		91 13010
	11 2790		48 7600		65 10270		92 13160
	12 2930		49 7800		66 10360		93 13210
	13 3070	Tension à 2500 volts.	50 8010		67 10450		94 13350
	14 3210		51 8140		68 10540		95 13500
	15 3350		52 8270		69 10630		96 13540
	16 3490		53 8400		70 10710		97 13680
	17 3620		54 8530		71 10800		98 13820
	18 3760		55 8650		72 10940		99 13960
	19 3900		56 8770		73 11100		100 14000
	20 4060				74 11170	Au delà de 100 chevaux selon des conditions à déterminer.	
	21 4240				75 11330		
	22 4420				76 11400		
	23 4600				77 11550		
24 4800					78 11620		

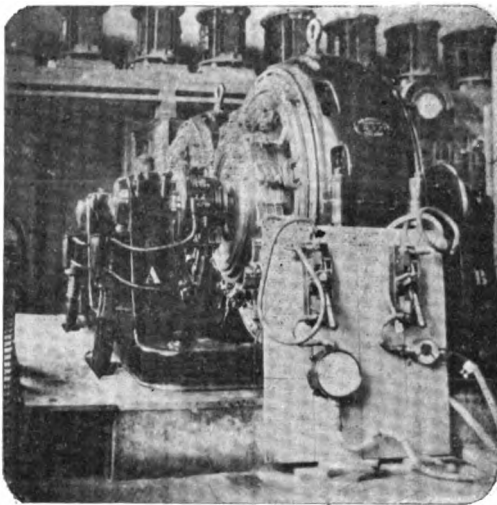
» Sur la ligne d'éclairage, il y a aussi des moteurs (dont la puissance totale représente 6,88HP en continu ; 3,92 HP, alt. 110 volts ; 1,53,30 HP, alt. 500 volts). La puissance absorbée ne peut dépasser, pendant l'éclairage, 1 cheval sur le réseau à 110 volts et coûte 0^r,60 le kilowatt-heure. Sur le réseau à 500 volts, pendant l'éclairage, ils ne peuvent absorber plus de 4 chevaux et le prix est 0^r,30 le kilowatt-heure, le tout pour un minimum de 750 heures de marche par an. Au delà, il y a des rabais proportionnels à la durée du travail (20 pour 100 au delà de 1500 heures).

» En résumé, pour tous les services industriels de la ville de Genève, la recette nette a été en 1897 de 1 565 170^{fr}; la ville retirait pour intérêts, amortissement et bénéfices, 8 pour 100.

» Nous reproduisons ici un **Tableau tiré d'un arrêté administratif** du 31 mars 1896 au sujet de l'exécution des installations.

» La **distribution de force motrice aux tramways** était assurée autrefois par deux machines Thury (6 pôles, 200 chevaux, 550 volts) actionnées par turbines. On y a ajouté, en 1896, 3 commutatrices Alioth, qui reçoivent le courant de Chèvres, préalablement transformé à 425 volts.

Fig. 3.



Commutatrices à La Coulouvrenière.

» Vous voyez ici (*fig. 3*) une vue de l'une de ces machines. Leur marche a été suivie de très près; elle donne satisfaction, de même que celle des commutatrices qui alimentent le réseau d'éclairage à trois fils, et l'on a pu relever quelques particularités curieuses.

» C'est un fait bien connu que, dans les commutatrices, la quantité d'énergie perdue par effet Joule dans une section de l'induit et dans le collecteur dépend de la position de la bobine par rapport aux points de jonction avec les bagues. Ceci est rendu parfaitement visible, sur les collecteurs, par le noircissement très inégal des lames sous l'action des balais en charbon. Il arrive donc, au bout de très peu d'heures de marche, que, la résistance au contact du collecteur avec les balais étant changée, la marche de la machine se trouve modifiée;

LIEU D'EMPLOI.						
NATURE des conducteurs.	DANS LE SOL et sous garnissage.	A L'EXTÉRIEUR.	ENDROITS SECS.	ENDROITS HUMIDES.	ENDROITS REMPLIS de gaz ou de vapeurs.	APPAREILS d'éclairage.
<i>Fil de cuivre nu.....</i>	Inadmissible.	Sur cloches en porcelaine.	Inadmissible.	Inadmissible.	Avec peinture et après autorisation préalable.	Inadmissible.
<i>Fil ordinaire isolé.....</i>	Seulement dans les plafonds et sous garnitures sèches, sur isolateurs de porcelaine dans des canaux avec revêtement en bois ou en métal avec accès d'air.	Sur cloches en porcelaine.	Sur cloches, poutres et presses en porcelaine, éventuellement des moulures de bois.	Inadmissible.	Inadmissible.	Libre dans l'intérieur des tubes, fixés à l'extérieur par des rubans isolants ou des attaches de soie.
<i>Fil isolé au caoutchouc....</i>	Seulement dans les plafonds et sous garnitures sèches, sur isolateurs en porcelaine dans des canaux avec revêtement en bois ou en métal avec accès d'air, dans des tubes isolants avec accès d'air.	Sur cloches en porcelaine.	Sur cloches, poutres et presses en porcelaine, éventuellement moulures en bois, avec crampons isolés sur bois sec, en tuyaux isolants avec accès d'air.	Sur cloches et poutres en porcelaine.	Sur cloches en porcelaine.	Libre dans l'intérieur des tuyaux, à l'extérieur fixé par ruban isolant ou ficelle.

	Comme pour le fil sous caoutchouc.	Sur cloches en porcelaine.	Inadmissible.	Comme pour le fil sous caoutchouc.	Comme pour le fil sous caoutchouc, mais inadmissible dans des endroits chauds.	Pas utilisable.
<i>Câble souple</i>	Seulement avec double couche de caoutchouc dans des tubes isolants avec accès d'air.	Inadmissible.	Comme pour le fil sous caoutchouc.	Seulement avec double couche de caoutchouc et après autorisation spéciale.	Inadmissible.	Comme pour le fil sous caoutchouc.
<i>Câble sous plomb nu</i>	Inadmissible.	Sur presses en métal ou porcelaine avec garniture souple.	Presses en métal ou porcelaine avec garniture souple, éventuellement moulures en bois.	Inadmissible.	Inadmissible.	Inadmissible.
<i>Câble sous plomb asphalté.</i>	Seulement en plâfond et dans maçonnerie sèche sans contact avec ciment ou béton.	Sur presses en porcelaine ou métal.	Sur presses en porcelaine ou métal, éventuellement moulures en bois.	Presses en métal étamé ou rubans métalliques.	Presses en métal étamé ou rubans métalliques et après autorisation spéciale concernant les actions chimiques.	Pas utilisable.
<i>Câble sous plomb asphalté armé d'un ruban (seulement concentrique)</i>	Sans autre.	Presses en porcelaine ou métal, ruban métallique, etc.	Presses en porcelaine ou métal, éventuellement en moulures de bois ou de métal.	Presses en métal étamé ou ruban métallique, etc.	Presses en métal étamé et rubans métalliques et après autorisation spéciale concernant les actions chimiques.	Pas utilisable.

il faut alors venir frotter à l'émeri le collecteur. M. Graizier a eu l'idée ingénieuse de disposer sur un porte-balai une petite brosse en crin de 12^{mm} à 15^{mm} de largeur, qui frotte constamment sur le collecteur, et le maintient propre. On peut marcher avec ce dispositif pendant toute une journée sans être obligé de polir le collecteur. On voit bien cette petite brosse sur la photographie.

» Le réseau d'éclairage à trois fils est alimenté par des commutatrices adjointes à des machines Thury qui sont accouplées directement par joints Raffard avec leur turbine. Ces joints utilisaient autrefois des bagues en caoutchouc. Quand on a voulu mettre en parallèle les commutatrices et les Thury, on a remarqué qu'au bout de peu de temps la tension se mettait à osciller fortement. Il était naturel d'attribuer cet effet à une résonance électromécanique quelconque. M. Graizier porta son attention sur l'accouplement élastique et, en fait, dès qu'on a eu remplacé le caoutchouc par du cuir, le mauvais effet a cessé.

» Sur le réseau d'éclairage à trois fils, les ponts ne sont pas autrement équilibrés que par la répartition judicieuse de la charge.

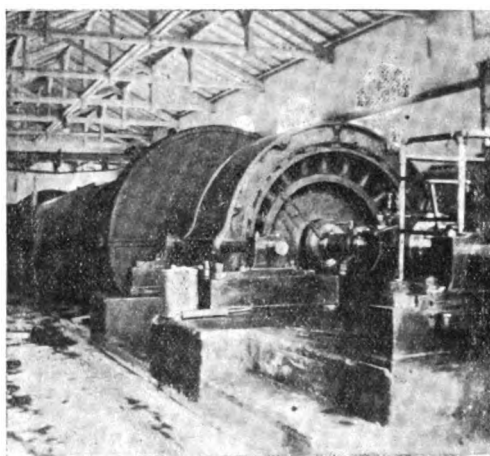
» Il arrive parfois que, la puissance fournie par Chèvres étant insuffisante, on est obligé de se servir des commutatrices comme génératrices de diphasé; on élève alors la tension à l'aide de transformateurs ($\frac{7^*}{100}$).

» Ce sont les installations de Vevey-Montreux qui ont eu ensuite notre visite. La demande est assez considérable et les gorges du Chauderon ne fournissent souvent pas assez d'eau. On a donc installé trois machines à vapeur importantes. Ces machines, ainsi que les turbines, actionnent un arbre de couche sur lequel sont disposés les alternateurs de la station; mais l'avantage qui résulte de cette disposition pour le couplage des alternateurs n'est pas aussi grand qu'on pourrait le supposer. En effet, l'embrayage des différentes machines se fait par manchons à deux griffes; on ne peut éviter que l'usure ne diminue la précision des ajustages; les alternateurs prennent donc, avec le temps, un décalage très faible l'un par rapport à l'autre, mais qui suffit pour faire osciller la force électromotrice. On a dû, pour se débarrasser de cet effet nuisible, se ménager la possibilité de décaler légèrement la carcasse fixe de chaque alternateur et vous voyez (*fig. 4*) comment l'opération est rendue

facile par la suspension de la carcasse à l'aide de deux bras et l'emploi de vérins à vis.

» Pendant notre visite, on procédait à la réception de deux nouveaux groupes devant servir de secours. Une machine à vapeur Sulzer verticale, à tiroir rotatif, à 255 tours par minute, entraîne un alternateur d'Oerlikon de 400 chevaux. Le bobinage est fait en trois parties aboutissant, derrière le tableau, à une sorte de grille et permettant d'obtenir, suivant la disposition des barres de cuivre auxiliaires, soit 3600, soit 1200 volts, selon le réseau alimenté.

Fig. 4.



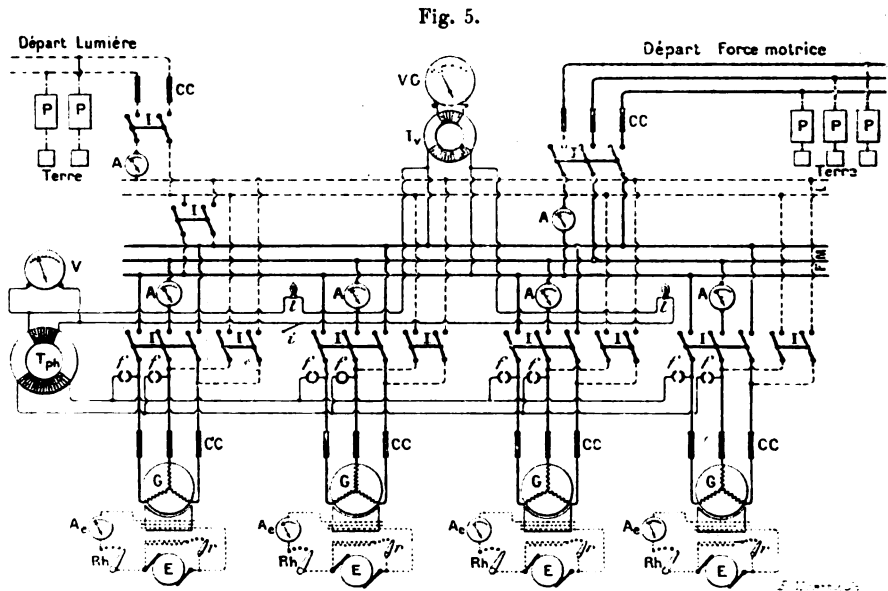
Machines de l'usine de Vevey-Montreux.

» En allant prendre le train à Montreux, nous saluons le vénérable réseau de tramways électriques à navettes : nous ne verrons plus maintenant que le trolley, sauf à Bâle, où le souci de ne pas détruire, lors du déraillement du trolley, les multiples filets de sûreté disposés au-dessus du conducteur aérien a fait préférer l'archet.

» Je dois à l'obligeance de M. Cottier un grand nombre de renseignements sur la station de Bex, que nous avons d'ailleurs vue très en détail et qui est la plus récente de celles que nous ayons visitées. Elle a été établie par la Société des forces motrices de l'Avançon, constituée le 9 juillet 1897, et a été inaugurée le 9 septembre 1898.

» La prise d'eau se fait sur l'Avançon au moyen d'un barrage en

maçonnerie; au delà se trouve une canalisation de 1450^m de long avec pente de 0,5 pour 1000. Le réservoir de prise de charge est en ciment armé, sa contenance est de 180^m³. Le trop-plein et la



SCHEMA DU TABLEAU DE DISTRIBUTION DE L'USINE DE SUBLIN.

- G, génératrices.
- I, interrupteurs bi et tripolaires.
- A, ampèremètres.
- V, voltmètres.
- CC, coupe-circuits.
- f, fiches de couplage.
- T_{ph}, transformateur de mise en phase et pour voltmètre.
- T_v, transformateur de voltmètre.
- V_c, voltmètre de contrôle.
- P, parafoudres.
- E, excitatrice.
- A_e, ampèremètres d'excitation.
- Rh, rhéostats de réglage du champ des alternateurs.
- r, rhéostats de réglage du champ des excitatrices.
- i, interrupteur de mise en phase.
- l, lampes de mise en phase.

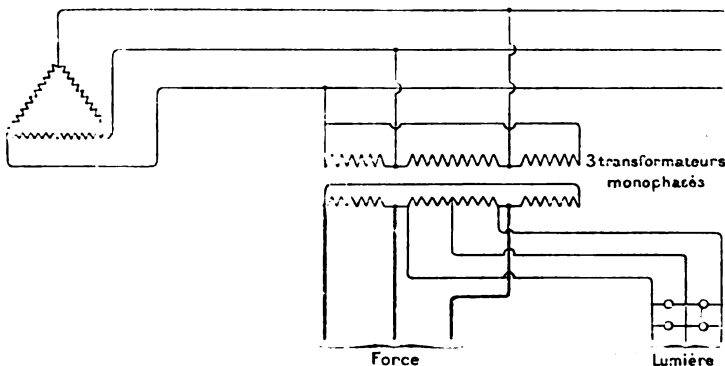
vidange se déversent dans l'Avançon par une canalisation en ciment armé de 0^m,65 de diamètre. La conduite forcée a une longueur de 402^m; la chute utile est de 165^m. La conduite est en tôle d'acier; son épaisseur varie de 5^{mm} à 14^{mm} et son diamètre intérieur est de 0^m,90.

» La salle des machines renferme six groupes; chacun d'eux se compose d'une turbine Escher-Wyss de 400 chevaux, 600 t.-min., à axe horizontal, accouplée directement avec la dynamo au moyen d'un manchon Raffard.

» Il y a 4 alternateurs Thury donnant un courant triphasé de 33 ampères par phase à la tension de 5000 volts. Le tableau de distribution permet de connecter chaque machine indifféremment, soit avec le circuit monophasé d'éclairage, soit avec le circuit triphasé de distribution de force motrice. Le circuit lumière peut également être alimenté par une phase de circuit général de force. Vous voyez (*fig. 5*) l'idée générale du tableau; ce schéma diffère de l'exécution par quelques points de détail seulement.

» Nos Camarades de l'an dernier avaient vu à Schwytz quelque chose d'analogue en ce qui concerne la surcharge d'une phase, mais il y a des différences importantes entre les deux installations. Je me bornerai à rapprocher le schéma de la distribution, reproduit d'après leur rapport, du schéma de celle de Bex (*fig. 6 et 7*).

Fig. 6.



» De plus, deux dynamos à courant continu Thury de 270 kilowatts, 600 volts, sont destinées à la traction. L'usine est, dès maintenant, complètement aménagée, quoique le réseau de tramways ne soit pas terminé.

» De l'usine partent quatre lignes aériennes :

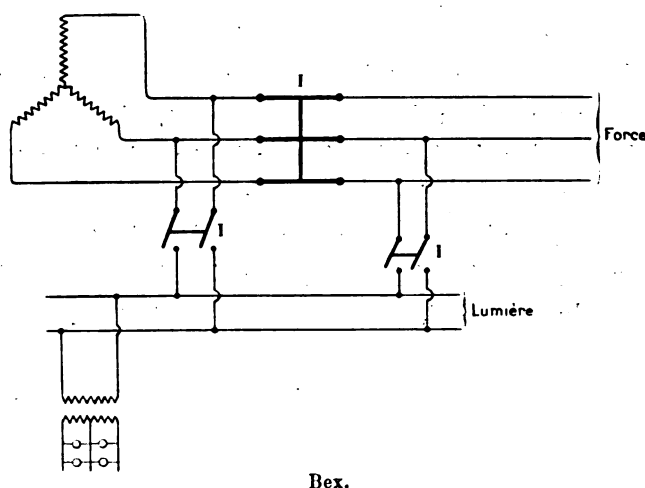
» 1. Une ligne à trois fils, pour courant triphasé ($d = \frac{7.5}{10}$) ($L = 7750^m$), alimentant directement les moteurs à haute tension de l'usine des produits chimiques de Monthey (phosphore) qui

absorbe 500 kilowatts, et alimentant aussi quelques transformateurs.

» β . Une ligne à deux fils, pour courant monophasé ($d = \frac{7.5}{10}$) ($L = 3300^m$) jusqu'à Bex, avec bifurcation jusqu'à Lavéy ($d = 1^{mm}$) ($L = 7750^m$).

» γ . Une ligne à deux fils, pour courant monophasé alimentant le hameau des Posses ($L = 1000^m$).

Fig. 7.



» Chacune de ces lignes est complétée par une ligne téléphonique placée sur les mêmes supports.

» δ . Une double ligne, pour courant continu ($d = \frac{80}{10}$) amenant le courant au fil trolley.

» Au delà des stations transformatrices pour éclairage, la distribution se fait à trois fils sous 2×110 volts.

» Pour l'éclairage, le tarif normal par bougie-année est le suivant :

	Durée d'éclairage.	fr
1 ^{re} catégorie	0 ^h -500 ^h	1 ^{re} »
2 ^e "	500 ^h -1000 ^h	1 40
3 ^e "	Au-dessus de 1001 ^h	1 60

» L'appareillage électrique des abonnés est fait gratuitement moyennant certains engagements (abonnement de huit ans; paiement en cas de résiliation de 2^{fr} par lampe et par année non échue).

» Le tarif pour la force motrice est établi à forfait sur les bases suivantes, à raison de onze heures par jour ouvrable :

1 cheval	150	} par cheval-an
2 chevaux	140	
3 à 6 chevaux	130	

» Le service de l'énergie fournit au service de tramways la force motrice et la facture au prix le plus bas fait aux abonnés du service de force.

» Le tramway se composera de trois tronçons, dont deux à adhérence et un intermédiaire à crémaillère : le tronçon qui part de la gare Jura-Simplon est seul exploité actuellement, le reste sera ouvert dans quelques mois ; la longueur totale sera 8^{km}, 200. Les voies sont établies en rails Phénix à ornieres pesant 30^{kg} par mètre courant et en rails Vignole pesant 20^{kg} par mètre, posés sur traverses en fer pesant 21^{kg}. Les courbes sont nombreuses : le rayon minimum en est 30^m, la déclivité maximum est 6 pour 100. Le courant fait retour par les rails et un double éclissage électrique.

» Pour les voitures, le poids total est de 7,5 tonnes, y compris l'équipement électrique : deux moteurs de 20 à 25 chevaux. Ils sont constamment groupés en parallèle et le réglage s'effectue à l'aide de résistances placées dans le lanterneau de la voiture.

» Chaque voiture possède un frein à patin et un frein électrique commandé par le même levier que la mise en marche et constitué par les deux moteurs fonctionnant comme génératrices sur les résistances de réglage. Les voitures sont chauffées électriquement, ce qui absorbe 6 à 7 chevaux.

» Le personnel de l'usine est assuré contre les accidents ; la Société a aussi contracté une assurance contre les accidents qui peuvent être occasionnés par les lignes électriques. Pour les tramways, le personnel et les voyageurs ont été assurés.

» Le personnel du service d'énergie comprenait, au 31 décembre 1898, un chef d'usine, un électricien sous-chef d'usine, un électricien, deux aides et un électricien surveillant du réseau.

» Enfin il y a un certain nombre de monteurs électriciens et d'aides employés à l'appareillage des abonnés.

» Le compte des constructions pour l'énergie comporte :

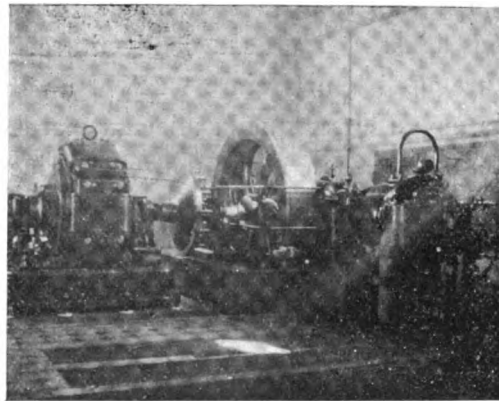
Frais d'organisation et d'administration	26 150 ^{fr}
Intérêt du capital d'établissement	2 100
Terrains et bâtiments.....	92 800.
Création de la force motrice.....	164 350
Installations électromécaniques.....	176 150
Distribution de l'énergie.....	94 600
Installation intérieure.....	19 700
Total arrondi.....	575 850

» Pendant les trois derniers mois de 1898, la dépense de traction a été de 0^{fr},378 par kilomètre-voiture, la recette 0^{fr},374 par kilomètre-voiture.

» L'excédent total des recettes de toute l'exploitation a été de 29 330^{fr},01; les dépenses totales de 1 127 148^{fr},32.

» Les tramways de Lausanne ont été trop bien décrits pour que nous parlions du côté technique de notre visite, Nous avons eu l'agréable chance d'être reçus par M. l'ingénieur Palaz, qui a bien voulu nous donner lui-même les renseignements les plus complets. Voici seulement la vue d'un groupe de la station génératrice. La corde qui, dans l'accouplement Raffard (*fig. 8*), produit l'entraîne-

Fig. 8.



Un groupe de la station génératrice des tramways de Lausanne.

ment, est calculée pour un effort moitié de l'effort de rupture et, dans ces conditions, elle dure une semaine. Nous notons en passant que la dépense de charbon est de 1 100^{gr} à 1 200^{gr} par kilomètre-voiture, le kilowatt-heure revient à 0^{fr},14.

» Le charbon est employé sous forme de menus : il vient d'Anzin et coûte 36^{fr} la tonne.

» A Neuchâtel, les usines génératrices pour tramways sont des usines de transformation, alimentées par le courant à 3800 volts de l'usine des Clées (10^{km}). En 1897, on a établi, pour le service de Saint-Blaise, une station de commutatrices Alioth; mais pour des raisons de difficultés d'exploitation, lorsque, en 1898, on a dû alimenter le tronçon Port-Gare, les ingénieurs ont préféré faire installer des groupes comprenant chacun un moteur triphasé à haute tension et une dynamo Alioth à 500 volts. Les batteries d'accumulateurs doivent assurer seules le service le dimanche matin, car, pendant quelques heures, l'usine des Clées est arrêtée.

» Neuchâtel nous a laissé à tous les meilleurs souvenirs. Ce n'est pas seulement à cause de la beauté du lac et des montagnes, pourtant accentuée par un beau soleil, mais beaucoup à cause de la réception si cordiale que nous réservaient les étudiants de la Société « Zofingue ».

» En même temps que nous se trouvaient dans la ville une quarantaine d'élèves du Musée Royal Industriel de Turin, qui, eux aussi, faisaient un voyage d'études en Suisse. L'École de Paris a eu l'honneur de recevoir à diner les deux professeurs et l'un des élèves, M. Giovanni Tofani, représentant ses camarades.

» M. Chaumat a exprimé le plaisir que nous ressentions à avoir au milieu de nous des représentants de la célèbre école industrielle italienne et, en particulier, l'un des successeurs de l'éminent Ferraris. Répondant au toast de notre professeur, M. Lombardi a bu à la prospérité de notre École. Les paroles particulièrement aimables du professeur italien, les sentiments qu'il exprimait avec une délicatesse et un charme tout particuliers, lui ont conquis toute notre sympathie. Tous ces hôtes de la ville de Neuchâtel se sont trouvés réunis chez les étudiants, et ce fut une agréable et joyeuse soirée. Elle a débuté par de nombreux discours où se mêlaient les noms des trois nations. La rencontre fortuite des Français et des Italiens, qui, animés du même désir d'apprendre, venaient chercher des enseignements chez le peuple suisse, a créé entre nous la camaraderie qui peut exister entre jeunes ingénieurs ayant des aspirations et des goûts communs, et cette camaraderie sera, nous l'espérons, durable.

» Je vais avoir l'honneur de communiquer à la Société les lettres qui ont été échangées à cette occasion entre les directions des deux Écoles :

» All' occasione di recente viaggio di istruzione compiuto dagli allievi ingegneri industriali del R. Museo Industriale Italiano in Svizzera colla guida dei Sigg. Prof. L. Lombardi ed Ing. L. Decugis, la comitiva degli insegnanti e studenti di questa Scuola ricevette dimostrazioni di simpatia e deferenza squisite dalla comitiva degli insegnanti e studenti di cotesta Scuola Superiore di Elettricità che compiva un viaggio analogo di istruzione colla guida del Sig. Chaumat.

» La Direzione del R. Museo Industriale Italiano sente il dovere di esprimere alla Onorevole Direzione della Scuola di Parigi la sua alta soddisfazione e riconoscenza, compiacendosi che si siano più intimamente ristretti i vincoli di fratellanza fra gli Istituti Superiori di due nazioni latine.

» Coi senzi della più distinta considerazione,

Il Presidente della Giunta Direttiva,
S. FROLA.

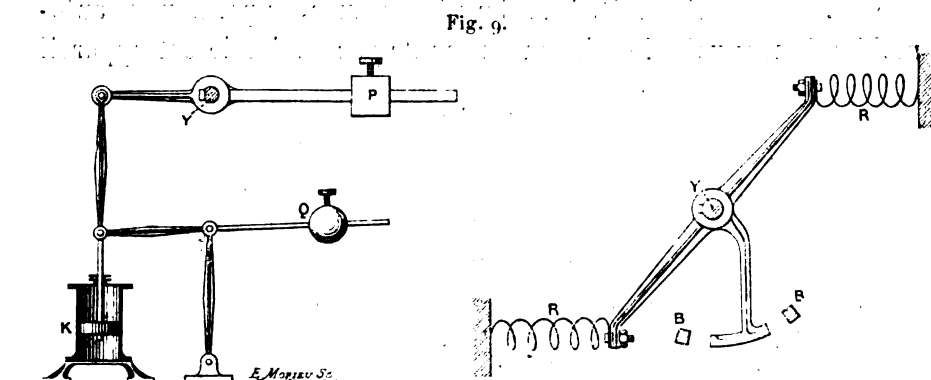
» Le Directeur de l'École Supérieure d'Électricité de Paris est très heureux de la rencontre fortuite qui s'est faite à Neuchâtel entre les élèves ingénieurs du Musée Industriel Royal de Turin et les élèves ingénieurs de l'École Supérieure d'Électricité de Paris. Il regrette vivement de n'avoir pu être présent à cette entrevue et exprimer lui-même à M. le Professeur L. Lombardi et à M. l'Ingénieur Decugis ses sentiments de haute estime. Il espère que les liens qui se sont noués sur un terrain ami entre l'élite de la jeunesse des deux nations latines seront l'origine de relations amicales et suivies entre le Musée Industriel Royal de Turin et l'École Supérieure d'Électricité de Paris et il termine en adressant à la Direction du Musée Royal Industriel de Turin l'expression chaleureuse de ses sentiments de confraternité.

Le Directeur de l'École Supérieure d'Électricité,
P. JANET.

» L'Areuse, qui se précipite dans les gorges du Val-de-Travers, a été utilisée dans des installations remarquables : de telle sorte que le pittoresque du chemin que nous avons suivi à pied pour aller de l'une à l'autre a contribué pour beaucoup à rendre la journée de mardi l'une des plus intéressantes de tout le voyage.

» C'est là que nous avons rencontré les distributions de courant continu en série dans lesquelles se trouvent tant d'ingénieux appareils.

» Voici, par exemple, le schéma d'un régulateur servo-moteur de turbine (*fig. 9*); il se compose d'un moteur en série disposé sur la



RÉGULATEUR SERVO-MOTEUR ELECTRIQUE THURY.

(*Station de la Combe-Garrot.*)

- Y, axe du moteur.
- R, ressorts.
- P, Q, contrepoids.
- K, amortisseur hydraulique.
- B, butoirs.

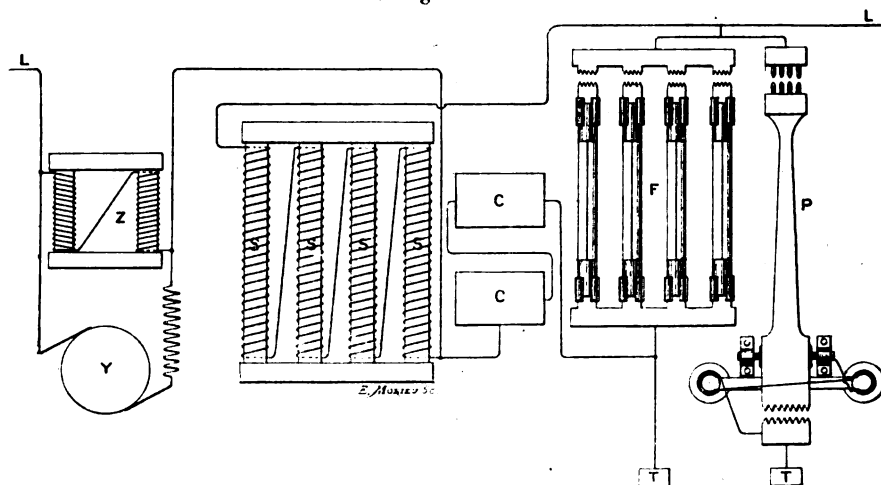
ligne, au départ; les ressorts placés en dehors du moteur sont exactement réglés pour compenser le couple de démarrage du moteur, correspondant au courant normal, de telle sorte que, quelle que soit la variation du courant, elle a pour contre-coup la prépondérance soit des ressorts, soit du couple, et le léger mouvement angulaire de l'arbre est la cause première des mouvements des vannages. Du côté du collecteur se trouvent les contrepoids de réglage et l'amortisseur hydraulique. L'appareil est complété par une bobine de self-induction en dérivation aux bornes du moteur; immédiatement après se trouvent les parafoudres (*fig. 10*).

» M. Paul Janet nous a suggéré l'explication suivante : La sensibilité du régulateur dépend évidemment de la variation *relative* du courant qui y passe; si une variation dI se produit brusquement sur la ligne, et si la constante de temps de la bobine est beaucoup plus grande que celle du moteur, cette variation se fera sentir presque tout entière sur le moteur. Soit alors I' le courant qui traverse ce moteur, la variation *relative* sera $\frac{dI}{I'}$; et cette quantité est évidem-

ment plus grande que la variation relative $\frac{dI}{I}$ qu'on aurait eue sans cet artifice.

» M. Bochet décrivait, à la dernière séance, le parafoudre automobile Thury; voici le schéma du montage complet de cet appareil

Fig. 10.



STATION DE LA COMBE-GARROT.

Appareils accessoires.

- L, ligne.
- Z, bobine de self-induction du régulateur.
- Y, servo-moteur électrique.
- S, bobines de self-induction pour les parafoudres.
- C, capacités
- F, parafoudres à fusibles.
- P, parafoudre automobile Thury.
- T, terres.

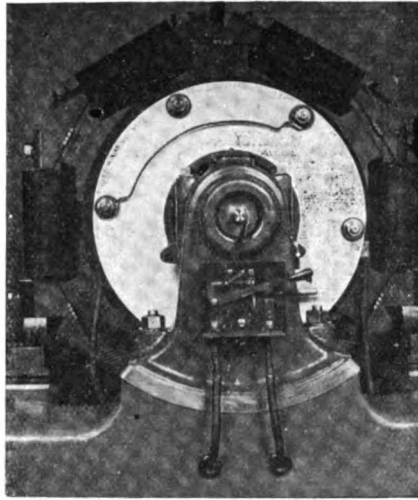
qui a été récemment ajouté en parallèle avec les anciens parafoudres à fusibles. D'ailleurs, le premier est le seul à agir; comme après une décharge il se trouve automatiquement en état pour servir de nouveau, on le règle donc beaucoup plus près que les parafoudres à fusibles.

» Pour le parafoudre automobile, on prend 1^{mm},5 pour 1000 volts; comme distance entre les pointes de charbon, les peignes inférieurs sont réglés à 0^{mm},5 de distance entre eux; si la distance dépasse le demi-millimètre, les isolants peuvent être compromis; si elle est inférieure, le parafoudre cesse de fonctionner automatiquement. Pour les parafoudres à fusibles, on admet entre pointes 2^{mm} par

1000 volts de service maximum. Pour empêcher la foudre d'accéder aux appareils à protéger, on crée sur son trajet possible des angles vifs et l'on met des bobines de self ou des capacités.

» Faut-il citer encore le disjoncteur automatique pour généra-

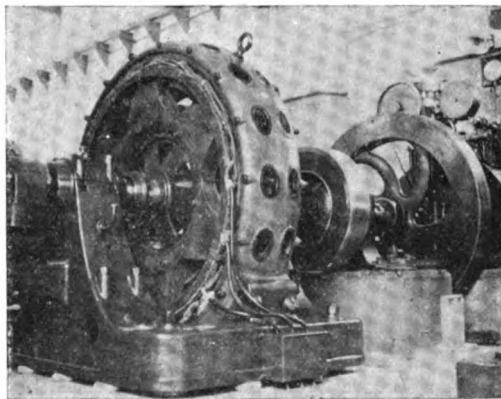
Fig. 11.



Une génératrice de courant continu pour distribution en série.

trices (*fig. 11*)? Quand on vient d'arrêter l'arrivée de l'eau à la turbine motrice, le courant total, passant encore dans la machine, tend

Fig. 12.



Un alternateur de l'usine des Clées.

à la faire tourner en sens inverse du mouvement normal. L'arbre est

taillé à son extrémité en forme de *came*; dans la rotation à l'envers, la *came* vient agir sur un doigt qui, à son tour, fait déclencher le couteau et isole ainsi la machine de la ligne. Le grand disque blanc que l'on aperçoit sur la photographie est en porcelaine et supporte les porte-balais. On remarque encore que, pour ces machines à six pôles, il y a quatre balais disposés à 60° l'un de l'autre. C'est qu'il y a probablement deux enroulements séparés sur l'induit avec collecteur pour chacun d'eux et les fils et les touches de l'un et l'autre circuit sont entremêlés.

» Enfin, voici à l'usine des Clées, qui fournit le courant triphasé à Neuchâtel, un groupe à fer tournant de 300 chevaux (*fig. 12*).

» La route que nous suivions, pour nous rendre à Bâle, passait

Fig. 13.



Nos amis de la *Zofingue* à la gare de Neuchâtel.

par Neuchâtel et le train s'arrêtait là quelques minutes. Nous avons retrouvé, à la gare, nos amis les étudiants, venus nous dire adieu

(fig. 13). Au milieu du groupe, on reconnaît la haute taille de notre sympathique sous-chef de travaux, M. Duval, qui avait été, la veille, nommé président d'honneur de la Zofingue et avait reçu en hommage une casquette historique, précieuse relique d'un ancien président.

» Dans la récente installation de Rheinfelden, nous avons admiré de magnifiques machines d'électrolyse et une importante distribution de triphasé. Le bâtiment de la station est d'aspect très sévère et bâti sur le barrage même, auprès de la rive allemande du Rhin. Il contient 20 turbines pouvant fournir en tout 16800 chevaux. On y trouve des dynamos à courant continu d'Oerlikon, fournissant 7600 ampères sous une tension de 80 volts. Elles ont 32 pôles, 132 balais et 544 lames au collecteur, chaque lame ayant 17^{mm}, ce qui donne au collecteur un diamètre d'environ 3^m et une hauteur de 0^m, 28. Le diamètre de l'induit est de 4^m, 40. On était, lors de notre visite en train d'installer des dynamos à courant continu de l'A. E. G. Les alternateurs viennent les uns d'Oerlikon, les autres de l'A. E. G. Les premiers sont à fer tournant; les autres, à inducteurs mobiles. Ils donnent 6800 volts.

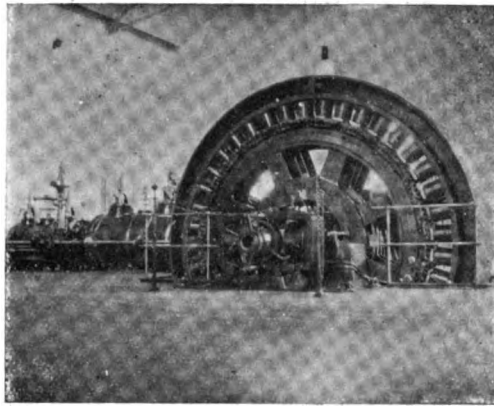
» La station fournit le courant monophasé et triphasé aux fabriques d'aluminium et de carbure de calcium; mais elle ne s'occupe que de la conduite des machines et pas du contrôle de la puissance distribuée. Elle dispose, pour la vente, de courant triphasé : le prix annoncé est, par cheval-heure, de 4 à 6,4 centimes le jour, et de 2,5 à 4 centimes la nuit, suivant l'importance de l'installation de l'abonné.

» Il arrive souvent qu'une station qui, à son début, ne comportait qu'une force motrice hydraulique, se voit obligée, quand les demandes augmentent, à faire installer des groupes à vapeur. Tel est le cas à Rathausen où l'on a récemment installé un groupe Sulzer-Brown de 600 chevaux (fig. 14). Ces machines nouvelles de Brown se distinguent des anciennes par l'aspect particulier de l'inducteur tournant : le cuivre n'y est protégé extérieurement que par un vernis qui lui laisse sa couleur.

» C'est une machine du même type que nous retrouvons à Olten; mais, comme dans cette station les turbines ne sont que de 300 chevaux, on a dû en atteler deux à la fois au même alterna-

teur, une de chaque côté. La régulation est donc difficile. Il suffit de dire que les turbines sont à axe vertical et font 28 tours par minute, tandis que l'alternateur en fait 120 pour permettre de juger de l'encombrement de ces machines.

Fig. 14.



Groupe Sulzer-Brown à Rathausen.

» Le Tableau (*fig. 15*) montre bien la simplicité et la facilité de manœuvres qui sont de règle dans une installation à haute tension.

Fig. 15.

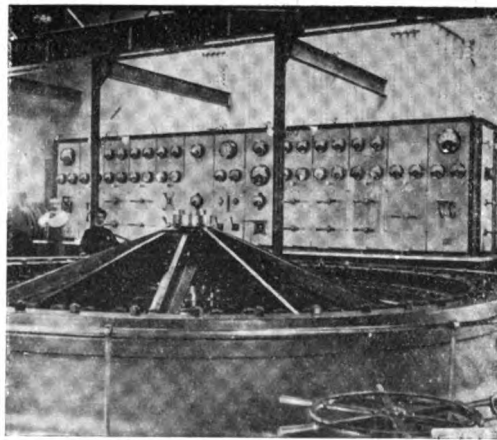
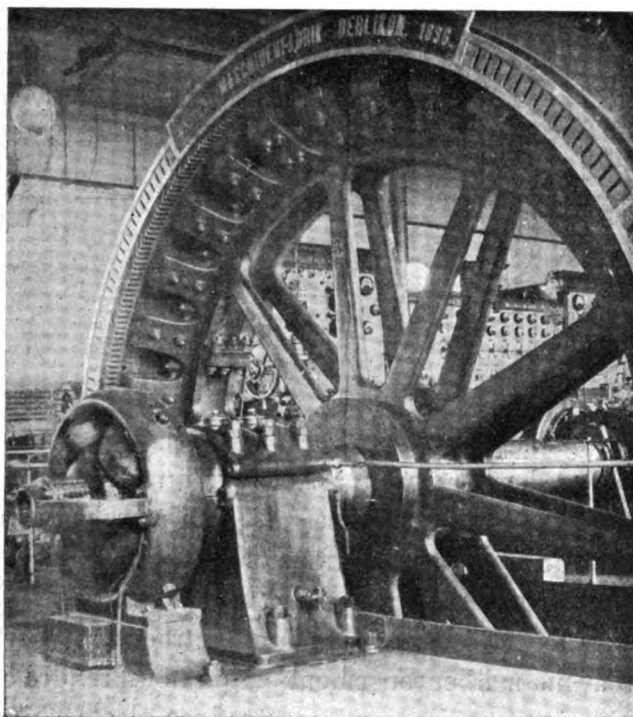


Tableau de distribution à la station d'Olten-Aarburg.

Comme c'est le cas général dans les usines que nous avons vues, il ne comporte que des appareils à fil chaud.

» J'ai passé très rapidement sur la seconde moitié de notre voyage, car si les installations que nous avons visitées ont été pour nous des plus instructives, elles ont été déjà décrites beaucoup mieux que je ne pourrais le faire par une nomenclature qui devien-

Fig. 16.



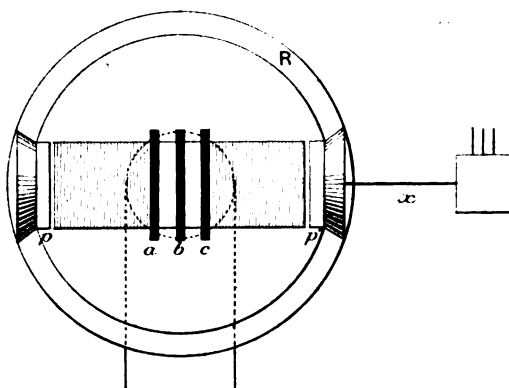
Un alternateur de la station centrale de Zurich.

draît vite fastidieuse. D'ailleurs, nos camarades de l'an dernier, qui ont fait à peu près le même voyage que nous, ont communiqué déjà à la Société les renseignements qu'ils ont recueillis.

» Je me bornerai donc à donner le principe d'un régulateur pour four électrique que nous avons vu à l'usine de fabrication de carbure de calcium à Langenthal (*fig. 17 et 18*). Une des électrodes est le wagonnet métallique qui contient la matière à soumettre à la haute température de l'arc, l'autre est un très gros prisme de charbon maintenu par une chaîne; c'est sur cette chaîne qu'agit le régulateur. Un moteur triphasé fait tourner un arbre x , sur lequel sont calées deux bobines à noyaux de fer, séparées par trois bagues,

a, b, c, isolées; les connexions sont indiquées sur le schéma de la *fig. 18*. C'est en somme un double embrayage magnétique; les plateaux *p* et *p'*, qui sont montés fous sur l'arbre et que l'adhérence magnétique peut rendre solidaires de son mouvement de rotation,

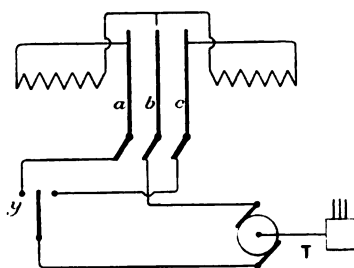
Fig. 17.



portent des pignons coniques engrenant avec une grande roue *R*. L'arbre de cette dernière porte à son tour un pignon qui actionne la chaîne. Le courant continu nécessaire à la marche du régulateur est fourni par un petit groupe transformateur *T* et le courant est envoyé dans l'un ou l'autre solénoïde à l'aide d'un relais *y*, branché sur une dérivation prise entre les deux électrodes.

» Nous n'avons malheureusement pas pu nous rendre compte de la marche de ces appareils, car les opérations électrochimiques ne se font que la nuit.

Fig. 18.



» Je n'ai pas, Messieurs, l'autorité suffisante pour me permettre de donner une conclusion à cette communication. Nous avons acquis dans notre voyage en Suisse la notion de ce qu'est une in-

stallation électrique et des multiples solutions qui répondent à des problèmes analogues. C'était là le complément le meilleur et une application toute pratique des excellentes leçons techniques que nous recevons à l'École, et en particulier de celles de notre directeur, à qui j'adresserai en terminant mes remerciements personnels pour avoir bien voulu m'aider de ses précieux conseils dans la préparation de cette conférence. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. J. Guillaume et ajoute que tout ce qui concerne l'École Supérieure d'Électricité intéresse particulièrement la Société; les élèves, au cours de leur voyage, ont fait d'excellente besogne, dont il se plaît à féliciter leur savant directeur, M. Janet, et leur maître dévoué, M. Chaumat.

La séance est levée à 10^h 15^m du soir.

L'INTERRUPTEUR ÉLECTROLYTIQUE DE WEHNELT ET SES APPLICATIONS (1).

M. E. HOSPITALIER. — « Les rayons X et la télégraphie sans fil à travers l'espace ont ouvert le domaine des applications à la bobine d'induction de Masson et de Ruhmkorff, dont l'emploi était limité jusqu'à ces dernières années à de curieuses expériences de laboratoire et à l'inflammation des mélanges explosifs dans les moteurs à gaz.

» Mais il faut bien reconnaître que, dans tous les appareils construits jusqu'à ce jour, l'interrupteur constituait toujours le point faible, délicat, et souvent insuffisant pour tirer de la bobine la puissance et la tension maxima dont elle était capable. On sait, en effet, que l'interrupteur a pour objet de transformer en courant interrompu le courant continu qui traverserait le fil primaire de la bobine, sans cet interrupteur, et de nombreux systèmes mécaniques ont été imaginés pour obtenir des interruptions fréquentes et rapides : malheureusement les *trembleurs* à interruptions fréquentes ne produisaient pas d'interruptions rapides et ceux qui les produisaient rapides ne les fournissaient pas avec une fréquence suffisante. Dans un cas comme dans l'autre, la bobine était mal utilisée, car l'interruption peu rapide réduisait la tension du secondaire, et l'interruption peu fréquente laissait un temps perdu relativement considérable entre deux étincelles successives.

» M. Campbell Swinton a calculé que, dans une bobine d'induction ordinaire avec trembleur de Foucault, la durée de l'étincelle de rupture dans le secondaire, la seule utile, ne représentait que la $\frac{1}{200}$ partie de la période. On voit l'intérêt que présente, dans ces conditions, un interrupteur rapide pour la bonne utilisation de la bobine.

» Ces inconvénients se faisaient tout particulièrement sentir en radiographie, en augmentant le temps de pose, et en radioscopie, en fournissant des images papillottantes sur l'écran fluorescent. Aussi les constructeurs et les radiographes s'ingéniaient-ils à imaginer des dispositifs mécaniques plus ou moins heureux destinés à remédier

(1) Communication faite en séance du 12 avril 1899.

à ces inconvénients, lorsqu'un savant allemand, M. le Dr A. Wehnelt, de Charlottenbourg, en inventant (on pourrait presque dire en découvrant) l'interrupteur électrolytique auquel son nom restera désormais attaché, a donné à tous les chercheurs l'appareil idéalement simple et pratique qui supplantera rapidement tous les autres.

» L'idée de réaliser un interrupteur automatique sans déplacement mécanique n'est pas nouvelle. On lit en effet, dans un Ouvrage publié par Sprague en 1884 :

» Le mercure lui-même peut être utilisé pour rompre le circuit si un fil de platine relié au pôle positif vient juste le toucher, et si le mercure est recouvert d'eau contenant un peu d'acide; l'action est analogue à celle qui se produit dans l'électromètre Lippmann; une couche de gaz se forme et le mercure quitte la pointe pour y revenir aussitôt et ainsi de suite ⁽¹⁾.

» Mais c'est là un phénomène électro-capillaire qui n'a rien de commun avec l'interrupteur électrolytique de Wehnelt, basé sur l'influence de la tension sur les phénomènes électrolytiques des électrodes de faibles dimensions.

» Les phénomènes prennent trois formes très caractéristiques :

» 1° Dégagement gazeux plus ou moins abondant dès que la force électromotrice est supérieure à celle qui produit la décomposition de l'électrolyte. Courant constant.

» 2° Crépitements, intermittences, gaine lumineuse. Bruissement plus ou moins bruyant ou plus ou moins aigu dépendant de la self-induction du circuit.

» 3° Courant stable, fil rougit et arrive à fondre.

» C'est dans la période intermédiaire entre l'électrolyse simple et l'incandescence permanente du fil que fonctionne l'interrupteur électrolytique. Le phénomène lui-même a été observé dès 1844 par Fizeau et Foucault, comme le prouve la citation suivante :

» Un phénomène particulier de lumière se présente lorsque l'on décompose l'eau avec des fils métalliques assez fins et une pile de 80 couples; les fils s'échauffent sans rougir, s'ils sont d'un diamètre suffisant, mais les gaz qui les enveloppent sont alors lumineux, leur développement étant accompagné d'un bruit particulier. Le phénomène est le plus marqué au pôle négatif : on remarque que, tant que les gaz sont ainsi lumineux, l'intensité

(1) SPRAGUE, *Electricity* : Its theory, sources and applications; 1884.

de courant est beaucoup diminuée. Ce fait doit-il être rattaché aux phénomènes des arcs lumineux? aurait-on ainsi, au pôle négatif, un arc formé par l'hydrogène? ⁽¹⁾.

» Le phénomène a été successivement étudié par Grove, Gassiot, de la Rive, Wartmann, Despretz, Planté (1875-1877), Slouguinoff (1880), Colley (1881), MM. Violle et Chassagny (1889), MM. Lagrange et Hoho (1890), Koch et Wüllner (1892), mais sans qu'aucun de ces observateurs ait pensé que le caractère intermittent du courant pourrait recevoir une application à l'interruption du courant primaire d'une bobine d'induction. M. le Dr Wehnelt est donc bien le véritable inventeur de l'interrupteur électrolytique, comme M. Branly est le véritable inventeur des radioconducteurs, et M. Marconi le véritable inventeur de la télégraphie à travers l'espace par ondes hertziennes.

» L'interrupteur Wehnelt est le dernier mot de la simplicité. Dans un vase en verre renfermant de l'eau acidulée sulfurique de densité 1,10 à 1,20 plongent une lame de plomb reliée au pôle négatif de la source électrique et un tube de verre rempli de mercure à l'extrémité duquel est soudé un fil de platine qui dépasse de quelques millimètres à l'extérieur et à l'intérieur du tube. Le mercure est relié au pôle positif de la source à l'aide d'un fil de cuivre plongeant dans ce mercure et c'est dans le circuit ainsi formé qu'est intercalé le circuit primaire d'une bobine d'induction dont on a préalablement calé le trembleur, et un interrupteur pour ouvrir ou fermer le circuit. Dans un autre dispositif, la plaque de plomb est remplacée par un bain de mercure de quelques millimètres d'épaisseur dans lequel plonge un fil de cuivre isolé, mais dépouillé à ses deux extrémités pour prendre contact avec le mercure et la borne. Le tube peut être droit, coudé une fois ou même deux fois pour que la pointe de platine soit dressée de bas en haut, sans que ces dispositifs modifient sensiblement, le fonctionnement de l'interrupteur.

» Le but du mercure dans le tube est de refroidir le platine par conductibilité en augmentant sa surface de contact. On peut obtenir le même résultat en soudant le platine à un gros fil de cuivre isolé

(1) FIZEAU et L. FOUCAULT, *Recherches sur l'intensité de la lumière émise par le charbon dans l'expérience de Davy* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 3^e série, t. XI, p. 383; 1844).

sur toute sa longueur. Pour de faibles courants et de petites bobines, les tiges de platine des lampes à incandescence hors d'usage constituent un pôle positif d'interrupteur Wehnelt parfait.

» On peut également employer un simple fil de platine dans un tube à thermomètre, ce qui permet d'en régler la longueur. M. Carpentier monte le fil de platine sur une tige de laiton filetée et manœuvrée dans son écrou fixe par un bouton moleté, pour en régler à volonté la longueur plongeant dans l'électrolyte.

» *Fonctionnement.* — Lorsqu'il existe entre la longueur du fil de platine immergé dans le liquide, la self-induction du circuit primaire de la bobine et la tension de la source, des proportions convenables, on observe, dès la fermeture du circuit, une gaine lumineuse violacée autour du fil de platine, un bruit strident aigu produit par l'interrupteur, un abondant dégagement de gaz dans le liquide électrolytique et un véritable torrent de flammes entre les extrémités du fil secondaire de la bobine. En soufflant sur cette flamme, assez chaude pour enflammer du papier, l'étincelle se stratifie, montrant bien ainsi que le phénomène n'est pas continu, et que la flamme est constituée par une série rapide d'étincelles jaillissant dans l'air chauffé par les étincelles précédentes.

» Pour fixer les idées nous dirons que, dans les expériences faites au laboratoire d'électricité de l'*École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris*, nous avons employé une bobine de M. J. Carpentier, dite *bobine de 6^{cm} d'étincelle*, et que nous avons pu obtenir des étincelles de 15^{cm} et même 18^{cm} de longueur avec une fréquence qui, appréciée au miroir tournant, a varié entre 1400 et 1500 par seconde. Le circuit primaire était alimenté par une batterie de 50 accumulateurs montés en tension; le fil de platine avait 0^{mm},8 de diamètre et dépassait le tube de verre de 8^{mm} à 10^{mm}.

» La source à laquelle la bobine est reliée peut être une pile, une batterie d'accumulateurs, ou un secteur à courants continus ou alternatifs. La différence de potentiel peut varier entre 16 volts et 120 volts (nos expériences n'ont pu aller au delà) sans que l'interrupteur cesse de fonctionner, pourvu qu'il y ait entre la self-induction du circuit primaire de la bobine, la longueur et le diamètre du fil de platine, certaines relations dont les valeurs numériques ne sont encore fixées que par tâtonnement.

» L'expérience démontre cependant que toutes choses égales d'ailleurs :

» 1° L'accroissement de self-induction diminue la fréquence des interruptions, jusqu'à ce que, à partir d'une valeur donnée, toute interruption de courant cesse; le courant passe d'une façon continue et produit simplement l'électrolyse de la solution;

» 2° La diminution de la self-induction augmente la fréquence jusqu'à une certaine valeur à partir de laquelle le phénomène cesse; le fil de platine rougit et se maintient rouge en laissant passer un courant constant, mais de faible intensité;

» 3° L'accroissement de tension augmente la fréquence entre certaines limites;

» 4° L'accroissement de grosseur ou de longueur du fil plongeant dans l'électrolyte augmente l'intensité du courant inducteur, mais réduit la fréquence;

» 5° En proportionnant convenablement les proportions des divers éléments, la fréquence des interruptions peut varier entre 1 et 2000 par seconde. Aux basses fréquences, l'interruption du courant primaire est moins franche et les étincelles du secondaire moins longues;

» 6° L'échauffement du liquide permet d'employer des tensions moins élevées qu'avec le liquide froid. M. J. Carpentier utilise l'eau acidulée à la température de 85° à 90° C, ce qui lui permet de n'employer qu'une batterie de 8 à 10 éléments en tension, mais l'échauffement préalable du liquide présente encore certaines difficultés pratiques.

» *Théorie.* — L'inventeur s'est contenté d'exposer les résultats de fonctionnement de son appareil, sans exposer aucune théorie de son action, mais son exemple n'a pas été suivi : trois ou quatre savants ont donné jusqu'ici trois ou quatre théories différentes, dont aucune, hélas! ne résiste à une discussion un peu sérieuse. L'interrupteur de Wehnelt est fort complexe, car, en dehors des facteurs fixes (différence de potentiel aux bornes du circuit, résistance et self-induction de la bobine), la cuve est le siège de phénomènes nombreux distincts, et simultanément variables : actions électrolytiques (décomposition de l'eau), électriques (résistance variable de la gaine gazeuse formée autour de l'électrode en platine), élec-

trostatiques (condensateur à capacité et résistance variables formé par les gaz chauds entre le fil de platine et le liquide) et thermiques (vaporisation, condensation et dissociation possibles du liquide). En présence d'une telle complexité de phénomènes, nous préférons renoncer à donner une telle théorie que l'expérience réduirait à néant, et nous laissons ce soin à des savants plus autorisés (¹).

» Il nous reste un mot à dire des applications actuelles et futures de l'interrupteur Wehnelt. Nous les entrevoyons déjà nombreuses, en dehors des expériences de laboratoires et de cours. La radiographie et la radioscopie utilisent déjà l'appareil pour réduire le temps de pose et donner une fixité remarquable aux images sur l'écran fluorescent. Pour ces opérations, on peut utiliser des bobines de plus petites dimensions, sans trembleur ni condensateur, et, par suite, d'un prix beaucoup moins élevé. La télégraphie sans fil ne manquera pas d'utiliser les plus grandes fréquences que le système permet d'obtenir. Les moteurs à gaz, et, en particulier, les moteurs à gaz pauvres, dont l'inflammation est difficile, disposeront d'une étincelle chaude qui évitera sûrement tout raté, en attendant que des perfectionnements désirables rendent possible l'application à l'allumage des mélanges explosifs des moteurs d'automobiles.

» Le même tube Wehnelt permet de reproduire les expériences de courants de haute fréquence à l'aide du dispositif très simplifié employé par M. le Dr d'Arsonval. Les condensateurs sont constitués par deux bouteilles de Saint-Galmier presque pleines d'eau et dont le fond est recouvert de papier d'étain sur environ le tiers de la hauteur. Un simple fil de cuivre roulé en spirale fait communiquer électriquement l'eau avec les extrémités du circuit secondaire de la

(¹) Tous ceux qui ont parlé de l'interrupteur de M. le Dr Wehnelt ne partagent pas nos scrupules. Nous en citerons un exemple emprunté à la *Revue encyclopédique*, du 11 mars 1899, recueil dans lequel on ne s'attendait pas à trouver de pareilles fantaisies. Voici, en effet, dans quels termes le rédacteur spécial de ce grave organe rend compte de la Note présentée par M. d'Arsonval à l'Académie des Sciences le 27 février dernier :

« Un nouvel interrupteur donnant 5000 interruptions isochrones par seconde a été imaginé par M. Hospitalier, qui a utilisé le phénomène signalé par Planté : un fil fin de platine intercalé dans le circuit rougit et cesse de devenir conducteur quand le courant passe. »

Comment est-il possible d'accumuler tant de contre-vérités en si peu de lignes ?

bobine : la distance explosive de la décharge oscillante se règle en déplaçant les bouteilles dont les bouchons supportent deux tiges de laiton horizontales de 3^{mm} de diamètre. Le circuit à grande fréquence est constitué par un solénoïde en fil de cuivre de 5^{mm} à 6^{mm} de diamètre reposant sur deux feuilles d'étain qui se prolongent sous la bouteille, le tout étant placé sur une table isolante ou une feuille de verre. Toutes les expériences de Tesla et de d'Arsonval se reproduisent simplement et magnifiquement avec une bobine qui serait simplement insuffisante avec les trembleurs mécaniques connus.

» L'interrupteur Wehnelt permet de réaliser un appareil de soudage électrique très simple et très pratique que les horlogers et les bijoutiers de ville pourront facilement utiliser en se branchant directement sur les circuits de distribution d'énergie électrique. Il sera très utile dans l'enseignement pour montrer, par exemple, à l'aide de quelques pièces de fil isolé roulé sur un faisceau de fils de fer les expériences de répulsions électriques réalisées en 1888 par M. le professeur Elihu Thomson. Nous conseillons dans ce but l'emploi d'anneaux en aluminium, car ce métal est celui qui, pour un poids et une longueur donnée, présente la plus faible résistance électrique et produira les effets mécaniques les plus frappants.

» Au moment où l'on étudie de divers côtés la *lumière froide* produite par la luminescence des gaz raréfiés, l'interrupteur Wehnelt donne aux expérimentateurs le moyen de réaliser à peu de frais les hautes tensions et les grandes fréquences indispensables à l'illumination de ces tubes luminescents dont les travaux de Tesla et de Moore ont montré la possibilité, sans en établir jusqu'ici la valeur pratique et économique, par suite des difficultés que présentent encore les mesures électriques et photométriques dans ces conditions si nouvelles d'emploi. Il est impossible, jusqu'à nouvel ordre, d'apprécier les résultats et les progrès, et de les exprimer numériquement pour en faire la comparaison.

» Mais les applications de l'interrupteur électrolytique ne se limiteront pas à celles que nous venons de signaler. Il est connu depuis trois mois à peine, et sa grande simplicité permet à chacun de le construire à peu de frais ; un grand nombre d'expérimentateurs ne vont pas tarder à l'utiliser et leurs recherches ne manqueront

pas d'enrichir à bref délai le domaine dont le Dr Wehnelt vient de mettre en quelque sorte la clef entre leurs mains.

» Nous devons remercier, en terminant, MM. Krieger et Mildé dont les électromobiles ont apporté le courant nécessaire aux expériences, M. J. Carpentier qui a mis à notre disposition une collection de bobines d'induction et son interrupteur à liquide chaud; M. Richard Heller qui nous a fourni le modèle original d'interrupteur Wehnelt construit par la maison Ernecke, de Berlin; M. le Dr de Bourgade pour son magnifique écran radioscopique et ses tubes de Moore; les élèves physiciens de l'*École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris* qui ont monté les appareils, et M. Gasnier, Chef des travaux pratiques d'Électricité à l'École, grâce au concours duquel les expériences ont toutes réussi.

BIBLIOGRAPHIE.

- A. WEHNELT. — *Elektrolytischer Stromunterbrecher*. (Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin, 26 janvier 1899.)
- É. H. — *Interrupteurs électrolytiques pour bobines d'induction*. (L'industrie électrique. Paris, 25 février 1899.)
- A. D'ARSONVAL. — *Interrupteur électrolytique*. (Académie des Sciences. Séance du 27 février 1899.)
- ELIHU THOMSON. — *The Wehnelt Electrolytic Interrupter*. (The electrical Engineer, 2 mars 1896; The Electrical World, 18 mars 1899.)
- CAMPBELL SWINTON. — *The Wehnelt current interrupter*. (Physical Society. Londres. Séance du 10 mars 1899.)
- VILLARD. — *Sur l'interrupteur de Wehnelt*. (Société française de Physique. Séance du 17 mars 1899.)
- H. PELLAT. — *Sur l'interrupteur de Wehnelt*. (Académie des Sciences. Séances des 20 et 27 mars 1899.)
- A. BLONDEL. — *Sur l'interrupteur électrolytique de Wehnelt*. (Académie des Sciences. Séance du 4 avril 1899.)
- PAUL BARY. — *Quelques conditions de fonctionnement de l'interrupteur électrolytique de Wehnelt*. (Académie des Sciences. Séance du 10 avril 1899.)
-

BIBLIOGRAPHIE.

Canalisations électriques : lignes aériennes industrielles, par M. R.-V. PICOU.
(*Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire.*) Paris, Gauthier-Villars; 1899.

Les lignes aériennes industrielles, pour le transport de l'énergie électrique, ont à satisfaire à des conditions toutes différentes de celles des lignes télégraphiques. Cependant, elles ont été, jusqu'ici, le plus souvent réalisées à l'aide du matériel et des procédés créés pour ces dernières.

Leur insuffisance est manifeste, mais il n'était pas facile d'y remédier.

Ce n'est qu'assez récemment que les ingénieurs ont accordé à cette importante branche des installations l'attention qu'elle mérite et que le matériel a été peu à peu modifié et approprié aux exigences industrielles.

L'Ouvrage de M. R.-V. Picou est, croyons-nous, le premier qui soit spécialement écrit sur cette matière. La préoccupation de l'Auteur a été de résumer les conditions exigibles du matériel et d'indiquer les moyens de vérification. Dans une première Partie, il examine les matériaux : isolateurs, ferrures, consoles, poteaux de bois et de fer. Le mode de vérification de la tension du métal est indiqué partout, avec toute la simplicité possible.

La seconde Partie traite de la pose des lignes et de leurs accessoires, ainsi que des moyens de protection, tant contre la foudre que contre les fils des autres canalisations. Les détails pratiques relatifs aux jonctions, soudures, amarrages de câbles et de haubans, etc., donnent à cette Partie une importance pratique qui sera appréciée.

Dans une troisième Partie de nombreux Tableaux et des exemples de calcul permettent d'appliquer les formules de l'Ouvrage à tous les cas pratiques.

Cet Ouvrage est appelé à faire partie du matériel de montage, aussi bien que de la bibliothèque du bureau d'études.

Guide pratique de mesures et essais industriels, par J.-A. MONTPELLIER et M. ALIAMET : *Instruments et méthodes de mesure des grandeurs fondamentales, géométriques et mécaniques*. Tome I. Paris, V^o Ch. Dunod; 1899.

Le premier Volume du *Guide pratique* que viennent de publier MM. Montpellier et Aliamet montre toute l'importance que doit atteindre l'ensemble des trois Volumes de ce travail considérable, ainsi que les services qu'il est appelé à rendre entre les mains de tous les praticiens qui effectuent des mesures industrielles.

En manière d'introduction, ce Volume rappelle les définitions générales relatives aux unités et à leurs systèmes et donne toutes les indications de nature à faciliter l'intelligence des méthodes exposées.

La description des instruments et des méthodes de mesure forme l'objet de cinq Parties principales qui traitent successivement : la première, des *Grandeurs géométriques* : longueurs, surfaces, volumes, compteurs, etc.; la deuxième, des *Masses* :

balances, détermination des densités; la troisième, du *Temps* : organes essentiels des instruments, pendules, compteurs horaires, etc.; la quatrième, des *Grandeurs mécaniques* : compteurs de tours, tachymètres et cinémomètres; mesure des forces, du travail et de la puissance mécaniques, indicateurs et freins, mesure des pressions; la cinquième, des *Températures* : thermomètres, pyromètres, etc.

L'un des grands mérites de cet Ouvrage, dans lequel ils font preuve de connaissances très variées, réside dans ce fait que les Auteurs ont eux-mêmes manipulé les appareils dont ils parlent et mis en expérimentation les méthodes qu'ils exposent : ces conditions justifient donc bien le titre adopté. Le deuxième Volume du *Guide pratique* de MM. Aliamet et Montpellier, actuellement sous presse, contiendra la description des méthodes générales de mesure des grandeurs magnétiques et électromagnétiques.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

L'Année industrielle, 1898; par M. MAX DE NANSOUTY; 1 vol. in-18. Paris, F. Juven, 1899. (*Don de l'Éditeur.*)

Guide pratique des mesures et essais industriels; par MONTPELLIER et ALIAMET; Tome I^{er}; 1899. Paris, V^{te} Ch. Dunod; 1 vol. grand in-8° broché. (*Bibliothèque pratique de l'Électricien.*) (*Don des Auteurs.*)

Premiers principes d'Électricité industrielle; par PAUL JANET. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. in-8° broché. (*Don de l'Éditeur.*)

Sur un voltmètre électrostatique interférentiel pour étalon; par MM. A. PEROT et Ch. FABRY, 1898; Tours, imprimerie Deslis frères; 1 broch. in-8°. (*Don des Auteurs.*)

Théorie du potentiel newtonien; par M. H. POINCARÉ; 1 vol. grand in-8, broché. Paris, Carré et Naud, 1899. (*Don des Éditeurs.*)

Théorie et applications d'une nouvelle méthode de spectroscopie interférentielle. — Méthodes interférentielles pour la mesure des grandes épaisseurs et la comparaison des longueurs d'onde; par MM. A. PEROT et Ch. FABRY, 1899; 2 tirages à part in-8°. (*Don des Auteurs.*)

Unités électriques absolues; par M. G. LIPPMANN; 1 vol. gr. in-8 broché. Paris, Carré et Naud, 1899. (*Don des Éditeurs.*)

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

30/3. Sur le réglage de Sayer au moyen d'un troisième balai; *C. Feldmann*. — Moteurs à champ tournant à grand couple de démarrage; *T. Marcher*.

6/4. Procédé et appareil pour la mesure des tensions aux points d'alimentation des réseaux; *J. Teichmüller*. — Boîtes d'abonnés pour courants alternatifs; *R. Helm*. — Téléphonie sans pile d'appel chez les abonnés; *G. Ritter*.

13/4. Remarques sur la question des tarifs; *K. Wilkens*. — Sur la mise en série de deux arcs; *W. Wedding*. — Téléphonie... (*suite*); *G. Ritter*. — Simple méthode d'essai des dynamos; *C. Liebenow*.

20/4. Méthode graphique et analytique pour la détermination des résistances de démarrage et de freinage; *F. Erens*. — Câbles Siemens pour haute tension; *A. Kœpsel*. — Téléphonie... (*fin*); *G. Ritter*.

27/4. Systèmes à contacts superficiels de l'Union E.G.; *M. Kubierschky*. — Théorie des moteurs asynchrones; *J. Heubach*.

4/3. Théorie... (*fin*); *J. Heubach*. — Nouveau matériel de coupe-circuits; *J. Dressler*. — Essais de tôles pour dynamos; *J. Epstein*.

AMÉRIQUE.

Electrical World et Electrical Engineer.

18/3. L'interrupteur Wehnelt; *E. Thomson*. — Différence entre les bonnes et mauvaises lampes; *F. Willcox*. — Électricité dans la marine italienne; *G. Martinez*.

25/3. Observations sur l'interrupteur Wehnelt; *G. Hantchet* et *C. Child*. — Usage de l'interrupteur Wehnelt; *L. Lévy*. — Électricité (*suite*); *G. Martinez*.

1/4. Prix de la vitesse dans le service des tramways; *J. Cravath*. — Électricité... (*suite*); *G. Martinez*. — Accumulateurs dans les stations à courants alternatifs; *E. Minshall*. — Lampe à un watt et demi; *A. Adams*. — Rendement des moteurs et des dynamos dans diverses conditions; *F. Baum*. — Simple méthode d'essai des armatures; *W. Hall*.

8/4. Railway triphasé de Chicago à Milwaukee; *S. Sherman*. — De la valeur du freinage électrique comme récupérateur; *F. Booth*. — Expériences avec l'interrupteur Wehnelt; *G. Hantchet*. — Prix de la vitesse... (*suite*); *J. Cravath*. — Électricité... (*suite*); *G. Martinez*.

15/4. Nature vibratoire de la foudre et autres décharges; *W. Morton*. — Emploi

de l'électricité dans les aciéries et hauts fourneaux comme puissance motrice; *A. Maccoun*. — Perfectionnements dans les téléphones; *K. Miller*. — Électricité... (*suite*); *G. Martinez*.

22/4. Effets de l'inégalité de voltage sur les wattmètres triphasés; *A. Bowie*. — Observations radiographiques; *W. Fuchs*. — Perfectionnements... (*suite*); *K. Miller*. — Électricité... (*fin*); *G. Martinez*.

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

Février. — Accumulateurs et stations centrales de tramways; *R. Mac Lloyd*. — Électricité à bord; *Greene*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

31/3. — Dispersion magnétique dans les transformateurs; *A. Russell*. — Charbons pour lumière (*suite*); *F. Jehl*. — L'arc sifflant; *Mme Ayrtton*. — Traction électrique, son application aux tramways suburbains et métropolitains; *P. Dawson*. — Moteurs d'induction; *E. Wilson*.

7/4. — Dispersion... (*fin*); *A. Russell*. — Moteurs d'induction (*suite*); *E. Wilson*. — L'arc sifflant (*fin*); *Mme Ayrtton*.

14/4. — Charbons... (*suite*); *F. Jehl*. — Moteurs d'induction (*fin*); *E. Wilson*. — Études sur l'arc alternatif au moyen de l'oscillographe; *W. Duddell* et *E. Marchant*.

21/4. — Charbons... (*fin*); *F. Jehl*. — Études... (*suite*); *W. Duddell* et *E. Marchant*. — Arc sifflant.

28/4. — Méthode pour découvrir l'arrivée des défauts à bord pendant les relèvements de câbles; *W. Murphy*. — Nouvelle méthode pour trouver les défauts d'un câble sous-marin pendant qu'on le relève; *E. Jona*. — Magnétisme; *J. Ewing*.

5/5. — Magnétisme (*fin*); *J. Ewing*. — Mesure de la capacité de longs câbles; *J. Young*. — Études... (*suite*); *W. Duddell* et *E. Marchant*.

The Electrical Review.

31/3. — Champs magnétiques oscillatoires et tournants (*suite*); *M. Field*. — Fabrique d'alcali (procédé Castner-Kellner), à Weston-Point; *J. Kershaw*.

7/4. — Câbles en papier pour téléphonie. — Le Post Office et la Téléphonie; *S. Varley*.

14/4. — Dynamo à courant continu sans balai; *A. Campbell*. — Télégraphie sans fils; *R. Kennedy*. — Champs magnétiques... (*fin*); *M. Field*.

28/4. — Accessoires indispensables à la traction électrique; *H. Cottrell*. — Turbines à vapeur; *R. Kennedy*. — Accidents causés par l'acétylène; *J. Kershaw*.

5/5. — Accessoires... (*suite*); *H. Cottrell*. — Travaux de Tesla sur la haute fréquence et la haute tension.

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Février. — Commutatrices; *S. Thompson*. — Communication électrique dans les trains de chemins de fer; *W. Langdon*. — Perfectionnements de la télégraphie magné-

tique; *O. Lodge*. — Télégraphie par induction magnétique; *S. Evershed*. — Télégraphie éthérique; *W. Prace*.

Avril. — Traction par contacts superficiels; *M. Walker*. — Télégraphie sans fils; *G. Marconi*. — L'interrupteur Wehnelt; *A. Swinton*. — Le moteur d'induction; *E. Wilson*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

2/4. — Fusibles dans les installations téléphoniques; *I. Mattausch*. — Fours électriques; *F. Patten*.

9/4. — Les prédécesseurs de la lampe de Nernst; *E. de Fodor*.

16/4. Mode d'action de l'interrupteur de Wehnelt sur courants alternatifs; *L. Kallir* et *F. Eichberg*.

23/4. — Sur le travail des conducteurs aériens; *M. Jüllig*. — Appareils de mesure de l'*Allgemeine. El. G.* pour courants alternatifs.

30/4. — Méthode de mesure du glissement dans les moteurs d'induction; *M. Hoor*. — Études sur un transformateur de phases; *O. Spitzer*. — Perfectionnement de l'interrupteur Wehnelt; *Satori*.

7/5. — Théorie des moteurs à champ tournant; *G. Osanna*.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Les applications industrielles des transformateurs-redresseurs de M. Leblanc (MM. **Eug. Sartiaux** et **Aliamet**), p. 263. — Appareil employé au Laboratoire central d'Électricité pour l'étude de la répartition lumineuse des lampes à arc (M. **F. Laporte**), p. 288.

BIBLIOGRAPHIE, p. 303.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 305.

OUVRAGES OFFERTS, p. 307.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 7 juin 1899 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. J. VIOLLE.

La séance est ouverte à 8^h 40^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société (*voir* p. 307) et des demandes d'admission suivantes :

⁽¹⁾ La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Benoist (Georges), 169, boulevard Malesherbes, à Paris. — Présenté par MM. P. Eschwège et P. Bour.

Castanheira das Neves (J.-F.), Attaché à la Légation de S. M. le Roi de Portugal, 16, avenue Kléber, à Paris. — Présenté par MM. Castanheira das Neves et Sabourain.

Rousset (Camille et Gustave), éditeurs de l'*Annuaire de l'Électricité* et d'autres *Annuaire*s d'adresses, 114, rue Lafayette, à Paris. — Présenté par MM. Gosselin et Sabourain.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés à l'auteur du don suivant en faveur de l'École :

M. VIOLET Abandon de 14 coupons

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES DES TRANSFORMATEURS-REDRESSEURS
DE M. LEBLANC.

M. EUG. SARTIAUX fait connaître que, des circonstances indépendantes de sa volonté l'empêchant de prendre la parole ce soir, il a chargé l'un de ses collaborateurs, M. Aliamet, d'exposer les applications qui ont été faites par la Compagnie des chemins de fer du Nord des transformateurs-redresseurs imaginés par M. Maurice Leblanc.

M. ALIAMET. — « Messieurs, au cours d'un certain nombre de nos séances de cette année, M. Leblanc, notre éminent Collègue, vous a présenté une étude générale *sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs*.

» Ces communications, d'un ordre purement théorique, ont été reproduites dans les numéros de novembre et décembre 1898, ainsi que dans ceux de février et mars 1899 de notre *Bulletin*.

» Parmi les nombreux et ingénieux systèmes que vous a indiqués M. Leblanc, il en est deux qui ont déjà reçu d'importantes applications. Le premier a pour objet le transport à grande distance du courant continu à basse tension ; ce courant, emprunté à la distribution d'une usine quelconque, est transformé sur place en courants polyphasés dont la tension est suffisamment élevée pour qu'on puisse lui faire franchir économiquement de grandes distances.

» Au point d'arrivée, la tension de ces courants est abaissée et un appareil redresseur, identique à celui employé à l'usine de départ pour passer du courant continu aux courants polyphasés, effectue la transformation inverse et fournit du courant continu à une tension directement utilisable.

» Ainsi que vous l'a expliqué M. Leblanc, les courants alternatifs redressés ne sont pas sinusoïdaux ; suivant son expression, la forme de leur courbe rappelle celle d'escaliers se superposant plus ou moins exactement à des sinusoïdes.

» Le deuxième système, qui dérive du premier, a pour objet le

redressement de courants polyphasés fournis par des alternateurs ordinaires. A la station de départ, ces courants sont produits directement soit à haute tension, soit à basse tension; dans ce dernier cas, des transformateurs ordinaires élèvent le voltage des courants envoyés sur la ligne de transport d'énergie.

» Au poste d'arrivée, le redressement des courants s'effectue comme dans le premier cas et avec les mêmes appareils.

» Le premier de ces deux systèmes de transformation avait été posé, dès 1892, comme problème intéressant à résoudre dans les chemins de fer, à M. Leblanc, par M. A. Sartiaux, ingénieur en chef de l'Exploitation à la Compagnie du chemin de fer du Nord.

» La solution de ce problème répondait à un besoin particulier d'exploitation du chemin de fer et c'est ce qui vous explique que la Compagnie du Nord ait appliqué la première les transformateurs-redresseurs de M. Leblanc, qui a trouvé auprès des Services électriques de la Compagnie et notamment de notre Vice-Président, M. Eug. Sartiaux, le concours le plus empressé pour mener à bonne fin ces intéressantes applications.

» Depuis quelques années, la même nécessité de pouvoir transformer facilement les courants alternatifs en courant continu s'est impérieusement fait sentir dans l'industrie; c'est alors que l'on a vu apparaître les machines appelées *commutatrices* dont le but est également de transformer le courant alternatif en courant continu.

» Sans entrer dans des considérations comparatives entre les deux systèmes, il nous a semblé intéressant de faire connaître à la Société les principales applications auxquelles ont donné lieu les transformateurs-redresseurs de M. Leblanc.

» C'est donc, à proprement parler, une énumération des installations réalisées que nous allons donner. Nous y joindrons quelques renseignements pratiques sur le fonctionnement des appareils et quelques chiffres sur les résultats obtenus et confirmés par plusieurs années d'exploitation.

» Le double problème ci-dessus énoncé a été résolu par l'emploi d'appareils spéciaux appelés *transformateurs-redresseurs*.

» Un certain nombre de gares du réseau du chemin de fer du Nord ont été munies de ces transformateurs-redresseurs, et le secteur de la Société anonyme d'éclairage et de force emploie aussi ces

appareils avec un réel succès depuis un certain temps dans ses sous-stations.

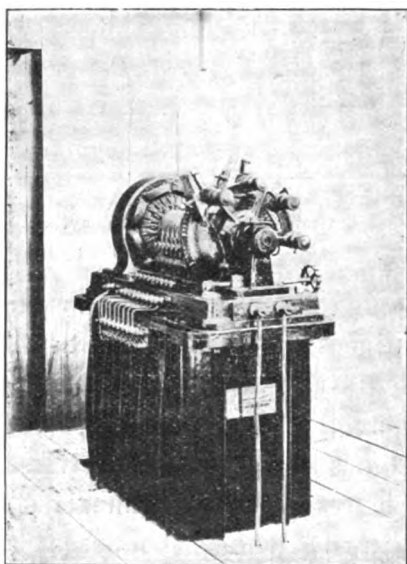
» Les premiers transformateurs-redresseurs de M. Leblanc ont été construits en 1893 et expérimentés à la Compagnie du Nord entre les gares de La Chapelle et d'Épinay, en mars 1894.

» Cette installation a été décrite dans la *Revue générale des Chemins de fer* de mars 1896.

» Ces appareils d'étude étaient d'une puissance de 18 kilowatts seulement.

» A la station génératrice de La Chapelle, le courant continu était produit par une dynamo Edison de 180 volts 100 ampères. Il était amené au collecteur d'un redresseur mû par un petit moteur synchrone dont l'induit était calé sur l'arbre portant le collecteur et les bagues. Les frotteurs qui appuient sur ces bagues constituent une liaison permanente entre les lames du collecteur et les sections de l'enroulement à basse tension du transformateur.

Fig. 1.



Transformateur-redresseur d'Épinay.

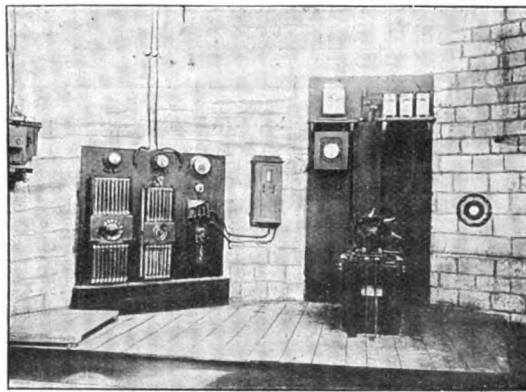
» Ces sections étaient au nombre de dix-huit, soit seulement neuf lames entre les balais de polarité contraire placées sur le collecteur.

» Les circuits de haute tension du transformateur ne comprenaient que trois sections produisant des courants triphasés sous 6000 volts environ.

» A la gare d'Épinay se trouvait un appareil identique effectuant la transformation inverse, c'est-à-dire recevant des courants triphasés sous 5800 volts environ et fournissant aux bagues du redresseur des courants alternatifs à dix-huit phases rendus continus par le jeu du collecteur.

» Les *fig. 1* et 2 montrent l'aspect d'ensemble du transformateur-redresseur d'Épinay et de l'usine réceptrice.

Fig. 2.



Ensemble de la station d'Épinay.

» Le transformateur (*fig. 1*) est logé dans une caisse en fonte munie d'ailettes destinées à augmenter la surface de refroidissement. Cette caisse, d'ailleurs remplie de paraffine, sert de support au redresseur qu'on aperçoit à la partie supérieure.

» Les dix-huit bagues sont reliées aux diverses lames du collecteur par tiges intérieures et par des connexions en forme de développantes; les frotteurs des bagues aboutissent aux bornes visibles en haut de la caisse à ailettes et qui servent à les réunir avec les sections de basse tension du transformateur.

» Le moteur synchrone comprend un induit denté à enroulement genre Gramme dont les dix-huit sections sont connectées aux dix-huit bagues et par suite aussi au collecteur.

» Le système inducteur est à huit pôles et les circuits amortisseurs dont M. Leblanc vous a expliqué le but sont logés le plus près possible de l'entrefer.

» Le schéma (*fig. 3*) représente les connexions existant entre les diverses parties de l'appareil supposé réduit à six sections. Les sec-

Fig. 3.

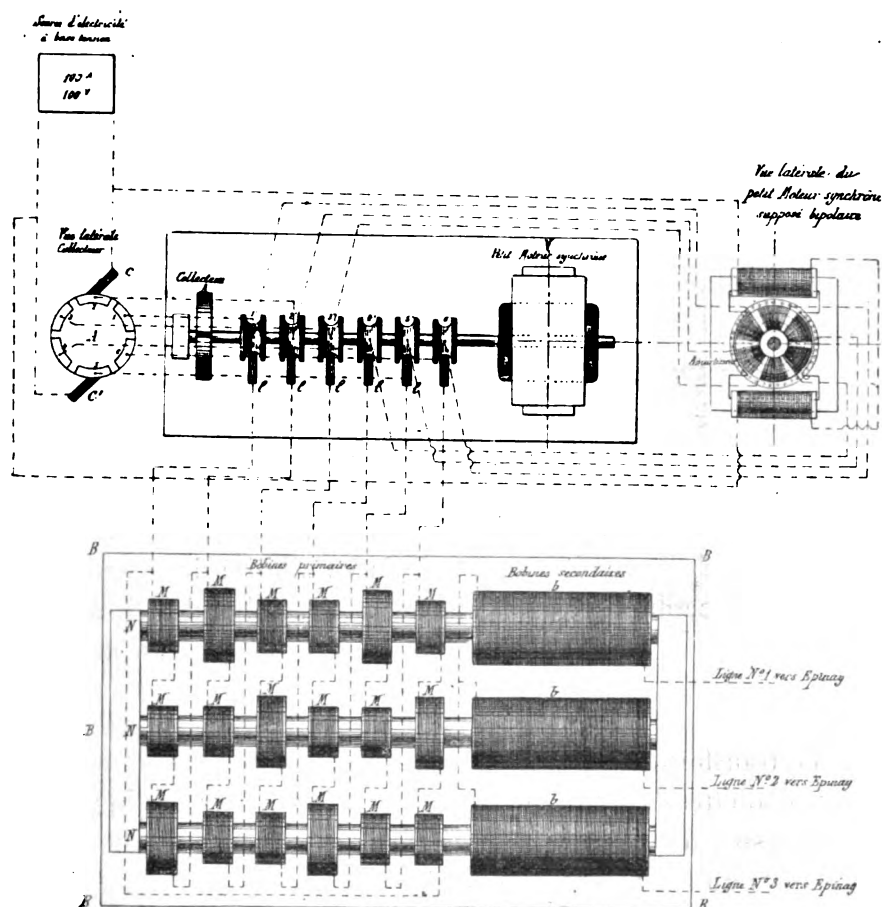


Schéma des connexions entre les redresseurs et les transformateurs.

tions de l'induit du moteur synchrone sont montées en parallèle avec celles des circuits de basse tension du transformateur.

» Une section de basse tension du transformateur comprend, montées en série, trois bobines élémentaires à raison d'une par noyau.

» Les bobines haute tension sont placées concentriquement avec

celles de basse tension. Les entrées de ces trois bobines sont réunies et forment le point neutre; les sorties sont reliées aux trois fils de ligne. C'est en somme un montage en étoile.

» A la puissance de 18 kilowatts, le rendement du système, ligne comprise, atteignait 83 pour 100. La machine Edison fournissait 18 150 watts à l'appareil de départ situé à La Chapelle et l'on recueillait 15 013 watts utiles au collecteur de l'appareil d'Épinay. Ces 15 013 watts servaient tant à l'éclairage de la gare qu'à la charge de la batterie d'accumulateurs destinée à assurer le service pendant les heures d'arrêt du transport d'énergie et à parer à toute éventualité en cas d'avarie.

» La distance des deux gares ainsi reliées est de 8^{km}.

» Ce transport d'énergie a donné toute satisfaction jusqu'en 1895, époque à laquelle les appareils furent enlevés pour être remplacés par d'autres plus importants.

» Nous passons sous silence les accessoires de l'installation, tels que les tableaux de distribution, les appareils de mesure, les compteurs d'énergie, etc., qui ne présentaient rien de bien particulier (*fig. 2*).

» Cette première application des transformateurs-redresseurs avait permis de se rendre compte de la possibilité de distribuer à grande distance du courant continu en partant de celui-ci, produit dans une usine centrale; il était intéressant de voir si l'on ne pourrait pas également transformer en courant continu des courants alternatifs quelconques, tels que ceux fournis directement par les alternateurs ordinaires.

» La première réalisation de cette nouvelle solution a été appliquée en 1895 entre les gares de Busigny et du Cateau.

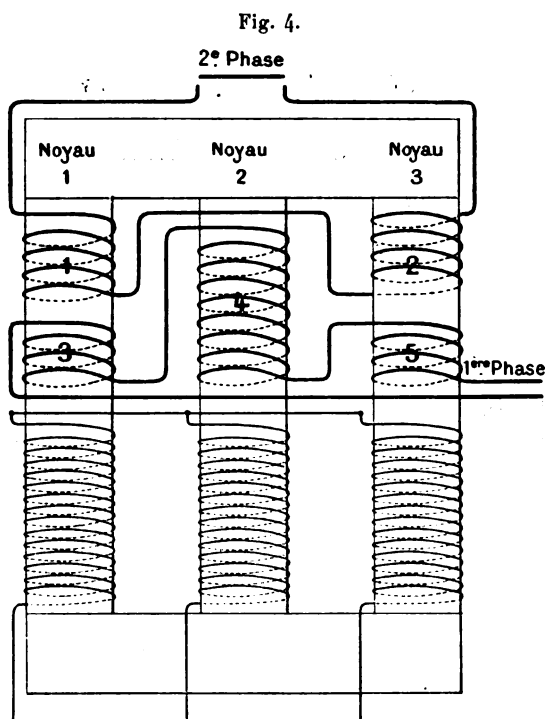
» Au Cateau, qui est le poste récepteur, l'installation ne présente rien de spécial. Un transformateur recevant des courants triphasés sous 5000 volts environ fournit douze courants à douze phases; après redressement, au moyen d'un appareil identique comme principe à celui d'Épinay, la tension du courant continu est de 118 volts. La puissance du courant continu transformé est de 30 kilowatts environ (118 volts 250 ampères).

» L'installation du poste de départ à Busigny présente une particularité nécessitée par des mesures d'économie.

» La Compagnie du Nord ne possédant pas d'alternateur triphasé et ne voulant pas en faire construire avant que les expériences fussent concluantes résolut de faire transformer en alternateurs deux des dynamos Desrozières d'un des types habituellement employés dans ses usines.

» Ces machines à courant continu de 150 ampères sous 115 à 145 volts suivant l'excitation ont vingt-huit sections à l'induit. On enleva collecteurs et connecteurs et l'on remplaça ces organes par quatre bagues munies de frotteurs,

» La division de l'induit en vingt-huit sections ne permettait pas de recueillir les courants triphasés que l'on désirait obtenir pour réduire le prix de la ligne et conserver la disposition triphasée d'Épinay. Force fut donc de prendre aux dynamos des courants



Courants triphasés (haute tension).

Schéma d'enroulements du transformateur biphasé-triphasé de Busigny.

biphasés dont la fréquence était voisine de quarante périodes par seconde. Le transformateur-élévateur de tension de Busigny est

donc enroulé pour produire des courants triphasés de haute tension, tout en recevant des courants biphasés de basse tension.

» La *fig. 4* représente le groupement schématique des bobines de ce transformateur, bobines réparties sur trois noyaux réunis par des culasses communes.

» La première phase basse tension s'enroule par parties égales sur les noyaux extrêmes (parties 1 et 2).

» La deuxième phase occupe tout le noyau du milieu (4) et deux faibles portions des noyaux extrêmes (3 et 5).

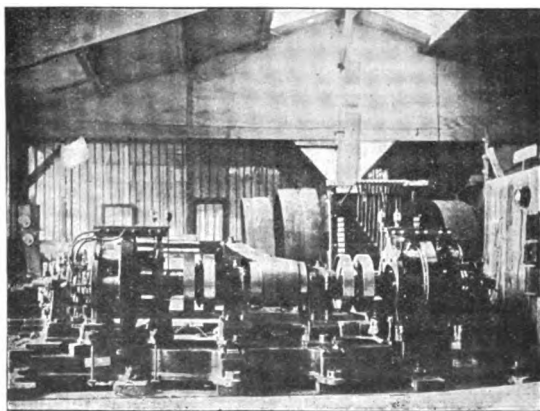
» Les bobines haute tension, figurées à part, bien qu'en réalité elles soient superposées aux précédentes, sont groupées avec montage en étoile et fournissent des courants triphasés.

» Les bobines 1 et 2 comprennent chacune 17 spires formées de 14 fils 34/10 en quantité. Les bobines 3 et 5 ont 12 spires et la bobine 4, 14 spires, le tout en 14 fils 34/10 montés en parallèle.

» A Busigny, les alternateurs improvisés fonctionnent en quantité ou séparément, suivant les besoins du service.

» Afin de conserver le dispositif habituel d'entraînement des machines tel qu'on l'emploie au Nord et que représente la *fig. 5*, on

Fig. 5.

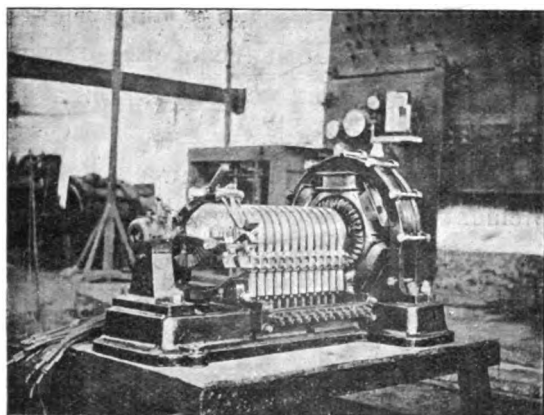


Mode d'entraînement des machines Desrozières transformées en alternateurs biphasés.

ne s'est pas occupé de coupler les alternateurs autrement que par leur liaison élastique avec l'arbre du palier central dont la poulie reçoit la courroie de commande.

» Les alternateurs empruntent leur excitation aux autres dynamos Desrozières de l'usine de Busigny ; ce courant d'excitation est réglé par un rhéostat ordinaire. La *fig. 6* représente un redresseur du Cateau.

Fig. 6.



Redresseur du Cateau.

» Cette installation fonctionne très régulièrement depuis sa mise en service ; un seul arrêt s'est produit pendant quelques heures à la suite d'une avarie survenue au transformateur de Busigny dans les circonstances suivantes :

» Une souris était venue se blottir entre les bobines haute tension encore tièdes après la marche du matin ; sa présence n'avait pas été décelée par les mesures d'isolement. A la mise en route, son corps fit court-circuit entre deux phases de la haute tension et quelques spires durent être remplacées.

» Des dispositions ont été prises pour éviter le retour de semblable incident. On a simplement fait la connexion du point neutre à la partie inférieure du transformateur au lieu de la faire en haut (*fig. 4*). La tension entre deux phases est alors assez faible vers le bas du transformateur, tandis qu'avant l'incident elle était maximum en ce point.

» La distance de Busigny au Cateau est de 10^{km} ; malgré la tension assez élevée, qui est voisine de 5000 volts, l'emploi des isolateurs ordinaires à double cloche, sur la ligne qui est aérienne, a donné toute satisfaction.

» Chacun des trois fils de ligne a une résistance de 6^{ohms} , 2.

» Le rendement industriel, c'est-à-dire le rapport de la puissance du courant continu disponible au redresseur du Cateau à celle des courants biphasés fournis par les alternateurs, varie de 72 à 84 pour 100 suivant la charge.

» Des compteurs, installés à demeure dans les usines de départ et d'arrivée, accusent un rendement moyen net de 75 pour 100 en prenant les chiffres relevés aux compteurs pendant une période d'un mois.

» La marche à pleine charge est rarement atteinte et le débit est souvent notablement réduit, la gare du Cateau limitant, par économie, son éclairage au strict nécessaire et éteignant les lampes à arc qu'il est inutile d'allumer en dehors des périodes de stationnement des trains.

» Les résultats encourageants obtenus entre Busigny et le Cateau engagèrent la *Société anonyme d'Éclairage et de Force par l'Électricité* à adopter sur une grande échelle ce système de transport d'énergie entre son usine centrale située à Saint-Ouen, quai de Seine, et les sous-stations de son secteur de Paris (stations du faubourg Saint-Denis et du boulevard Barbès).

» L'usine génératrice de Saint-Ouen alimente en outre diverses autres stations, dont nous parlerons tout à l'heure.

» L'installation du transport d'énergie de Saint-Ouen a été décrite dans les périodiques, et notre collègue, M. Guilbert, a donné dans *l'Éclairage électrique*, en janvier 1897, des détails très circonstanciés sur ce puissant outillage qui comporte actuellement quatre alternateurs biphasés, dont deux de 250 kilowatts et deux de 300 kilowatts.

» Un alternateur de 1500 kilowatts est actuellement prévu, ce qui portera à 2700 kilowatts la puissance engagée dans le transport d'énergie par courants alternatifs de l'usine de Saint-Ouen.

» Les alternateurs installés à cette usine ont été construits par la maison Farcot; ils sont munis de circuits amortisseurs, système Leblanc, destinés à faciliter l'accouplement en parallèle.

» Ces alternateurs, du type Volant, ont un induit biphasé fixe et un inducteur à pôles radiaux monté sur l'arbre de la machine à vapeur. Les moteurs, système Corliss-Garnier, à condensation, ont été construits par la maison Garnier et ont fonctionné à l'Exposition

universelle de 1889, où ils assuraient une partie du service d'éclairage.

» Ces machines sont monocylindriques; le cylindre a un diamètre de 71^{cm} et la course du piston est de 1^m, 20.

» La vitesse angulaire normale est de 65 tours par minute et la puissance développée de 350 chevaux avec une admission aux $\frac{2}{10}$ de la course, la pression étant de 6^{kg} par centimètre carré et le vide au condenseur de 68^{cm} de mercure.

» Quand la pression à l'admission est portée à 7^{kg} par centimètre carré, la puissance atteint 400 chevaux.

» L'inducteur volant est garni de 72 pôles, ce qui donne 39 pour valeur de la fréquence des courants alternatifs à 65 tours par minute.

» L'excitation s'effectue sous 110 volts, le courant continu étant pris aux barres du tableau de l'usine; à pleine charge, ce courant est d'environ 36 ampères.

» Chaque phase de l'induit peut débiter 1420 ampères sous une tension de 88 volts.

» La tension est élevée à 6000 volts par un transformateur biphasé à trois noyaux.

» Les deux noyaux extrêmes reçoivent chacun les enroulements correspondant à une phase. Le noyau du milieu ne comporte pas d'enroulement. Il sert simplement à fermer le circuit magnétique des autres noyaux et, à cet effet, il a nécessairement une section de fer $1,41 = \sqrt{2}$ fois plus forte que celle des noyaux extrêmes.

» Bien que les transformateurs-élevateurs de tension ne soient qu'à quelques mètres des bornes des alternateurs, il a fallu constituer la canalisation de basse tension qui relie les alternateurs à leurs transformateurs par de grosses barres méplates en cuivre aussi rapprochées que possible (2^{mm} environ). Cette nécessité provient de ce que, avec des courants aussi importants (1400 ampères) la chute réactive de tension due à la self-induction est très appréciable malgré la faible longueur des connexions.

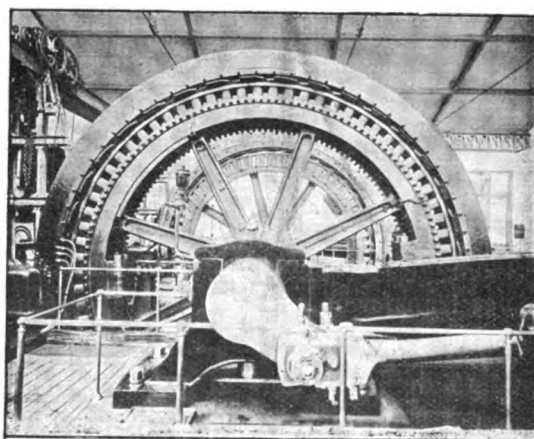
» Au point de vue pratique, il n'est pas sans intérêt de noter que la tension des alternateurs est réglée de façon à maintenir constante non pas la différence de potentiel à leurs bornes, mais bien celle des transformateurs-élevateurs de tension.

» Le réglage s'opère par la **manœuvre** de simples rhéostats d'excitation. On a essayé successivement **plusieurs** appareils pour mesurer la tension de 6000 volts aux transformateurs. **Les électromètres** n'ont pas donné de bons résultats; ces instruments **sont** délicats et sujets à être mis hors d'usage à la moindre trace d'humidité sur leurs parties isolantes ou si la ligne présente des effets de résonance.

» On s'est arrêté à une solution qui consiste à employer un petit transformateur spécial abaissant la tension de 6000 à 100 volts. Un voltmètre thermique se trouve branché sur le secondaire de ce petit transformateur. Grâce à l'absence de self-induction dans ce genre de voltmètres, on peut compter sur un rapport de transformation constant du petit transformateur et apprécier ainsi très exactement la tension de 6000 volts au départ de l'usine.

» Les deux autres alternateurs biphasés de Saint-Ouen sont analogues à ceux qui viennent d'être décrits.

Fig. 7.



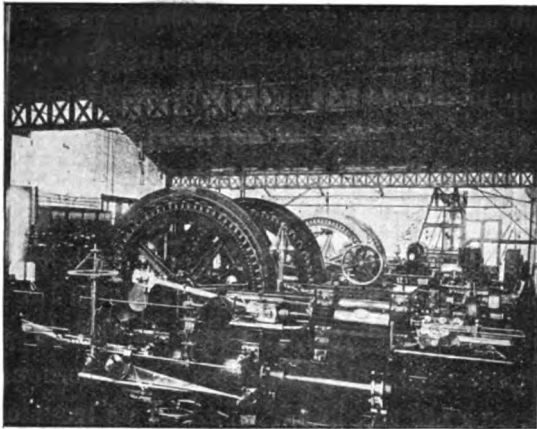
Alternateurs biphasés de 250 kilowatts de l'usine de Saint-Ouen.

» Leur puissance est de 350 kilowatts; ils sont actionnés par des moteurs Corliss-Farcot marchant à condensation. Le rendement des premiers alternateurs biphasés de Saint-Ouen est de 94,3 pour 100 à pleine charge.

» Les transformateurs ont un rendement de 96,7 pour 100, de telle sorte que le groupe alternateur-transformateur a un rendement

industriel net de 91,5 pour 100. La *fig. 8* représente une **vue d'ensemble** de l'installation actuelle comprenant **quatre alternateurs** d'une puissance totale de 1200 kilowatts.

Fig. 8.



Ensemble des quatre alternateurs fonctionnant actuellement à l'usine de Saint-Ouen.

» La facilité avec laquelle ces alternateurs s'accouplent en parallèle est remarquable.

» Aussi n'hésite-t-on pas à mettre en marche ou arrêter un des groupes, suivant les besoins, et de manière à se rapprocher toujours de la pleine charge pour les groupes en fonctionnement. L'accouplement des alternateurs en parallèle s'effectue par l'intermédiaire des transformateurs-élévateurs de tension. On a ainsi évité les difficultés provenant de canalisations de forte section et des interrupteurs de grande intensité indispensables si le couplage des alternateurs s'effectuait directement avant les transformateurs.

» Actuellement, et à part une faible partie de la puissance totale utilisée sous forme de courants alternatifs biphases par la Compagnie générale des Omnibus dans ses ateliers de l'avenue Michelet, toute l'énergie fournie sous 6000 volts par Saint-Ouen est transformée en courant continu au moyen de transformateurs-redresseurs de M. Leblanc répartis dans divers centres de distribution.

» Pour le moment, la Compagnie du Nord a deux usines de ce genre desservies par les courants à 6000 volts de Saint-Ouen.

» L'usine de La Chapelle, qui servait autrefois de poste généra-

teur pour Épinay est munie de deux transformateurs-redresseurs de 70 kilowatts. Le courant continu fourni à 120 volts alimente l'éclairage de cette importante gare de marchandises, les cabestans électriques répartis dans les voies de cette gare, et divers autres appareils de manutention, entre autres un monte-charge de 1500^{kg} dont la cage effectue un parcours de 10^m environ.

» L'usine de La Chapelle possède en outre deux batteries d'accumulateurs pour la charge desquelles il est nécessaire de pouvoir disposer d'une tension atteignant 155 volts fin charge.

» Le courant étant fourni par Saint-Ouen, sous potentiel constant à 6000 volts, il fallait pouvoir augmenter à l'usine de La Chapelle même ce voltage dans le rapport de 155 à 120, c'est-à-dire de le porter à 7800 volts et cela en passant par toutes les tensions intermédiaires correspondant aux tensions comprises entre 120 et 155 volts du courant continu fourni par les redresseurs.

» Ce problème a été résolu par l'emploi de transformateurs spéciaux appelés *bobines de réglage* et qui sont des transformateurs à rapport de transformation variable à volonté.

» Sans entrer dans des explications détaillées, voici en quoi consistent ces appareils.

» Les enroulements secondaires de ces transformateurs sont montés en série avec ceux des transformateurs-redresseurs. Leur primaire est excité sous 6000 volts et est enroulé sur un noyau mobile. On peut, de la sorte, faire varier à volonté, et par la simple manœuvre d'un volant isolé, le nombre de spires secondaires soumise à l'induction.

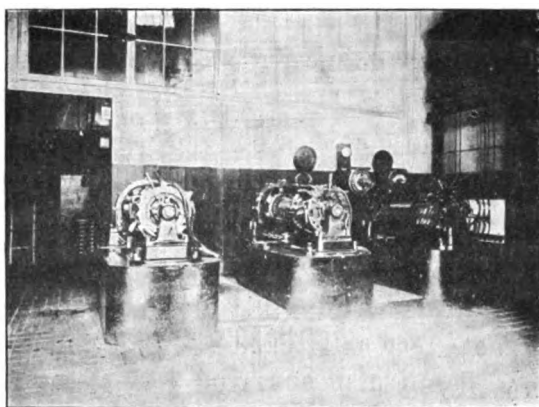
» La *fig. 9* montre les redresseurs de l'usine de La Chapelle; les transformateurs se trouvent dans un local voisin ainsi que les bobines de réglage dont on n'aperçoit que le volant de manœuvre.

» L'axe de ce volant passe à travers une cloison et, de cette manière, le personnel ne peut approcher des transformateurs; il se trouve ainsi à l'abri de tout danger.

» La Compagnie du Nord utilise encore le courant fourni par Saint-Ouen sous 6000 volts, dans la station du Landy. Le courant continu fourni par les transformateurs-redresseurs sert ici spécialement à la charge des accumulateurs des trains, pour les trains éclairés à la lumière électrique.

» Les transformateurs du Landy développent une puissance de 90 kilowatts et peuvent fournir un courant continu de 150 ampères sous une tension variable de 150 volts à 600 volts.

Fig. 9.



Redresseurs de l'usine de La Chapelle.

» Cette variation de tension était indispensable pour permettre de charger les batteries des trains.

» Les accumulateurs restent, en effet, dans les voitures pendant la charge qui se fait en même temps que le nettoyage du matériel.

» Les trains sont chargés par groupes comprenant un certain nombre de voitures dont les batteries sont reliées en série pendant la charge.

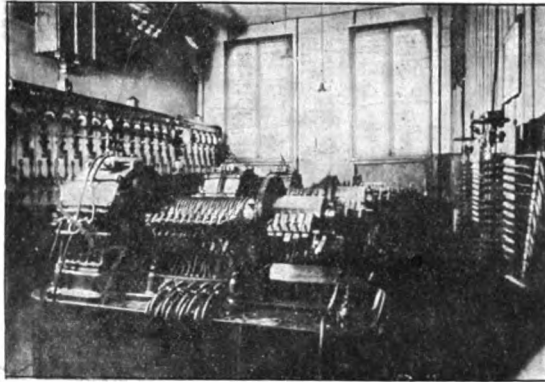
» La composition des trains étant variable suivant les besoins du service, le nombre d'éléments chargés en tension est lui-même extrêmement variable.

» Les transformateurs redresseurs du Landy permettent d'obtenir un courant continu dont on fait varier la tension en modifiant les connexions entre les diverses bobines à haute tension des transformateurs. Les transformateurs représentés *fig. 11* ont quatre noyaux, dont deux en diagonale constituent le circuit magnétique d'une des phases.

» Sur chaque noyau, les bobines de haute tension sont divisées en douze sections, soit vingt-quatre sections par phase ; un coupleur spécial, dont les différents plots sont montés sur des isolateurs

double cloche en porcelaine, permet de réunir entre elles les diverses sections. Suivant les combinaisons à réaliser, ces sections se groupent en tension, en séries parallèles et en connectant au besoin des sections en opposition.

Fig. 10.

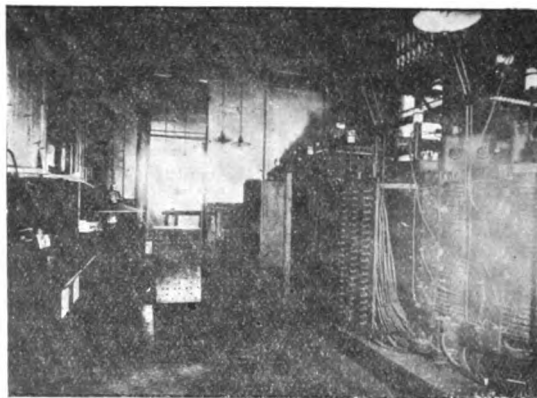


Redresseurs servant au Landy à la charge des accumulateurs des trains.

» Le combinateur permet de réaliser douze tensions différentes en courant continu.

» Grâce à l'appoint de batteries d'accumulateurs de réserve ou en

Fig. 11.



Ensemble des transformateurs du Landy.

formation, on peut toujours trouver à accoupler les éléments, de manière que les trains en charge nécessitent des tensions très

voisines de celles que permettent d'obtenir les combinateurs des transformateurs.

» Les redresseurs du Landy (*fig. 10*) sont au nombre de trois. Ils sont munis de vingt bagues, au lieu des douze généralement employées. Ce nombre de bagues est plus élevé à cause des différences de potentiel atteignant 600 volts ; il correspond à dix lames seulement entre les balais de polarité contraire sur le collecteur.

» Malgré cette faible division qui constitue un véritable tour de force que nulle dynamo ordinaire ne pourrait permettre d'obtenir, le fonctionnement est excellent et se produit sans étincelles aux balais.

» Les induits des moteurs synchrones, qui font tourner les redresseurs synchroniquement avec les alternateurs de Saint-Ouen, sont alimentés sous potentiel constant, car il n'aurait pas été possible de les faire fonctionner sous des tensions polyphasées aussi variables que celles qui ont été signalées tout à l'heure (150 volts à 600 volts comme ordre de grandeur de ces variations).

» Deux petits transformateurs monophasés alimentent les induits des moteurs synchrones ; ils abaissent la tension de 6000 volts à 80 volts et correspondent chacun à une des phases de la transmission d'énergie.

» Le rapport de l'énergie disponible pour la charge des accumulateurs à l'énergie haute tension (mesurée à l'entrée de poste) est de 87 pour 100 à pleine charge.

» A demi-charge, le rendement est encore supérieur à 70 pour 100.

» Les pertes dans les transformateurs principaux ne sont que de 2,4 kilowatts. Les autres pertes se répartissent entre les redresseurs, les moteurs synchrones, les petits transformateurs qui les actionnent et les divers câbles de connexions.

» Les appareils du Landy fonctionnent nuit et jour, les trains venant se garer à toute heure et ne restant quelquefois que deux heures sur les voies de garage.

» Comme la visite et le lavage des trains ont lieu pendant la charge, il a fallu prendre des précautions pour arriver à manier des tensions de 600 volts dans de pareilles conditions et par tous les temps, car les voitures ne sont pas abritées sur les voies où elles sont en garage.

» Le réseau de distribution d'énergie alimenté par l'usine de Saint-Ouen dessert encore deux stations du secteur de la *Compagnie anonyme d'Éclairage et de Force*.

» La station située faubourg Saint-Denis comprend trois transformateurs-redresseurs, dont un en montage, ayant chacun une puissance de 100 kilowatts environ et débitant en courant continu 850 ampères sous 120 volts en moyenne. Comme ces appareils sont non seulement destinés à alimenter directement les feeders de distribution du secteur, en fonctionnant en quantité avec les autres dynamos de la station, mais qu'ils doivent en outre effectuer la charge de la batterie d'accumulateurs de secours, on a installé au faubourg Saint-Denis des bobines de réglage permettant de porter la tension de charge à la valeur nécessaire. Ces bobines sont d'ailleurs du genre de celles de la station de La Chapelle.

» La seconde station du secteur, également munie de transformateurs-redresseurs, est celle du boulevard Barbès; elle est située dans le voisinage des magasins Dufayel.

» Cette station comprend actuellement, au point de vue qui nous intéresse, un transformateur-redresseur de 100 kilowatts muni de sa bobine de réglage.

» Un second groupe identique est en construction.

» Le premier groupe des appareils du faubourg Saint-Denis a été construit par la maison Farcot, de Saint-Ouen; les deux autres groupes et ceux de la Chapelle, du Landy, du boulevard Barbès ont été exécutés dans les ateliers de la *Société de la transmission de la Force*, à Saint-Ouen, sous l'habile direction de M. Béneteau, ingénieur des ateliers de la Société.

» Le rendement des appareils de 100 kilowatts atteint 89 pour 100 en pleine charge.

» Toutes les stations alimentées par l'usine de Saint-Ouen fonctionnent en quantité, y compris celle de la Compagnie des Omnibus qui emploie, après abaissement de tension, le courant à la manœuvre d'appareils de manutention dont les démarrages sont continuels.

» En pratique, l'exploitation se fait sans difficulté, et bien que les différentes stations soient alimentées par le même réseau, leur indépendance est remarquable.

» Il est vrai d'ajouter que toutes les stations ainsi desservies sont

réunies entre elles par des postes téléphoniques Bernheim qui permettent à deux postes quelconques de communiquer sans passer par l'intermédiaire des autres branchés cependant sur le même circuit.

» Grâce à ces communications faciles, tout poste qui, par suite de ses besoins, est appelé à faire varier sa consommation d'une façon un peu importante, avise les autres postes et principalement l'usine de Saint-Ouen.

» La ligne de transport d'énergie qui dessert ces différentes stations emprunte les voies du réseau du Nord; elle est constituée par des conducteurs nus de 60^{mm} de section reposant en partie sur des poteaux télégraphiques ordinaires et en partie dans une galerie souterraine. Les isolateurs sont en porcelaine à double cloche et n'ont jamais donné lieu au moindre incident.

» Certaines gares du réseau du Nord ont été munies de transports d'énergie effectués au moyen des transformateurs-redresseurs.

» Les usines génératrices fournissent du courant continu à des transformateurs-redresseurs placés dans les usines même.

» Les courants alternatifs haute tension sortent de ces usines et arrivent aux postes récepteurs placés dans des gares secondaires; ils subissent alors les transformations inverses et l'on utilise le courant continu, indirectement transmis à grande distance, soit pour l'éclairage direct, soit pour actionner les appareils de manutention, cabestans ou autres, très répandus sur le réseau du Nord, soit enfin pour charger les accumulateurs de la station ou ceux des trains éclairés électriquement.

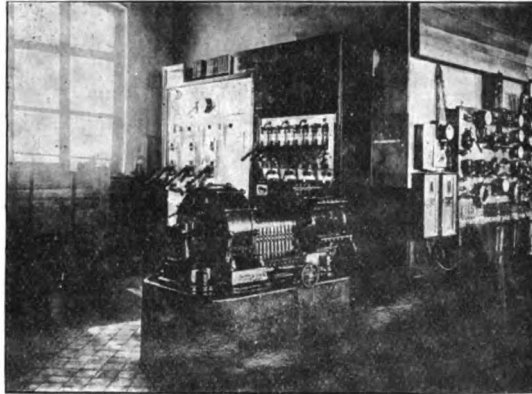
» Ce système de transport d'énergie est très intéressant; il a permis de créer en certains points des usines électriques importantes et d'une exploitation économique, qui, en même temps qu'elles assurent les services de la gare où elles se trouvent, desservent des stations secondaires à l'aide des transformateurs-redresseurs Leblanc.

» De semblables installations sont actuellement en service entre les gares d'Erquelines et de Jeumont, de Fives et Saint-André, de Roubaix et Roubaix-Wattrelos, de La Plaine-triages à Saint-Denis.

» Les transformateurs-redresseurs installés dans ces usines (*fig. 12 à 16*) peuvent fournir aux postes récepteurs 300 ampères sous 120 à 150 volts. Leur puissance est donc de 40 à 45 kilowatts.

» Le rendement industriel atteint à pleine charge 83 à 84 pour 100. Dans ce chiffre sont comprises les pertes des transformateurs et

Fig. 12.

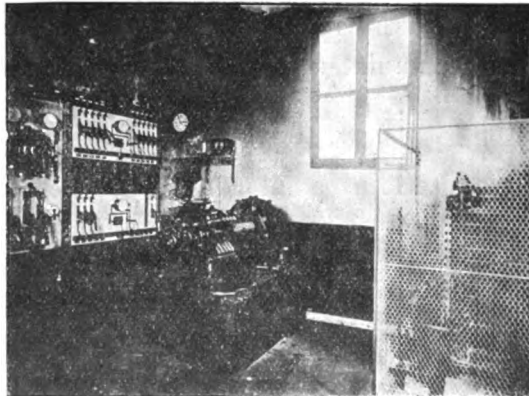


Transformateur et redresseur de l'usine de Roubaix (poste de départ).

redresseurs des postes de départ et d'arrivée ainsi que les pertes dues à la résistance de la ligne de transport d'énergie.

» La tension sur la ligne est voisine de 5300 volts.

Fig. 13.

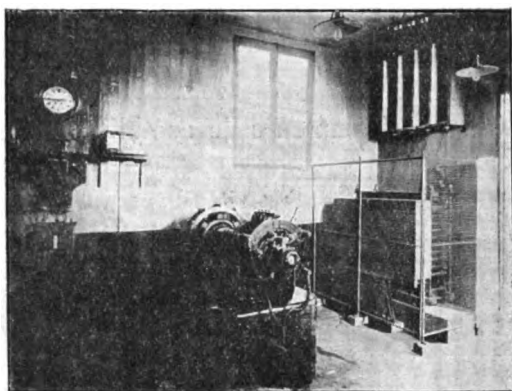


Transformateur-redresseur de l'usine de Roubaix-Wattrelos (poste d'arrivée).

» En présence des résultats acquis par plusieurs années d'exploitation, la Compagnie du Nord a décidé la construction d'un certain nombre de nouveaux transformateurs-redresseurs de 100, 50 et

35 kilowatts. Ces appareils sont actuellement en partie terminés et sont destinés aux diverses gares de Calais, Amiens, Creil, Chantilly,

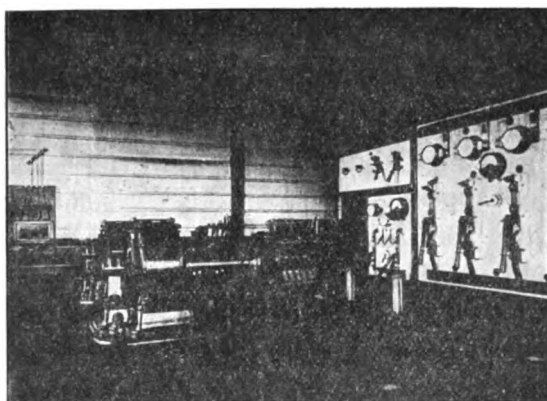
Fig. 14.



Ensemble de l'usine de Roubaix-Wattrelos.

Le Landy, La Plaine-triages, etc., ces deux dernières gares devant être alimentées par l'usine de Saint-Ouen et leurs appareils branchés sur le réseau actuel de distribution.

Fig. 15.



Redresseurs et tableaux de distribution de l'usine de la Plaine (poste de départ).

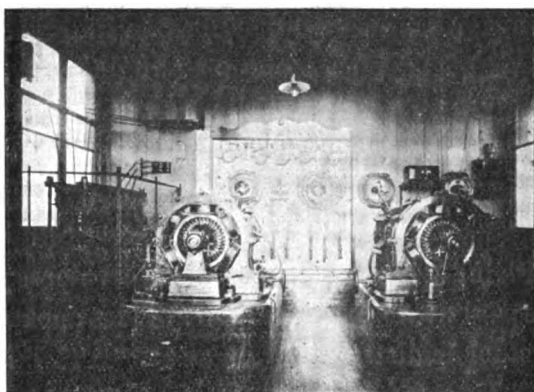
» D'ici peu, la puissance totale des transformateurs-redresseurs, employés tant sur le réseau du Nord que dans les stations de la Société d'Éclairage et de Force, dépassera 5825 kilowatts.

En ce qui concerne les appareils en exécution pour la Compagnie du Nord et dont les *fig.* 17 et 18 montrent un transformateur et un redresseur du type de 100 kilowatts, il y a :

16 transformateurs-redresseurs de 100 kilowatts,			
7	»	50	»
5	»	35	»

» Les nouveaux transformateurs de 100 kilowatts sont biphasés.

Fig. 16.



Vue de l'usine de Saint-André (poste d'arrivée).

Chaque phase à haute tension a 1728 spires en fil 34/10, divisées en 24 sections de 72 spires.

» Les bobines des 12 phases à basse tension sont de deux types ayant 10 et 18 spires.

» Les premiers appareils, récemment essayés, ont donné un rendement de 87 pour 100 à la puissance de 88 kilowatts du continu au continu, c'est-à-dire toutes pertes de transformations comprises.

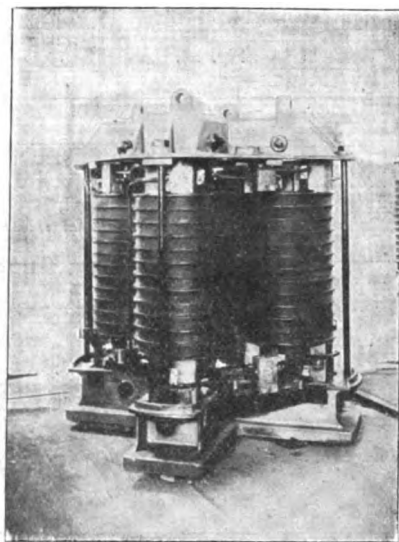
» D'une façon générale, le montage des divers postes est identique.

» Dans les usines génératrices, un tableau répartiteur permet d'envoyer le courant des dynamos soit aux transformateurs-redresseurs, soit aux tableaux ordinaires de distribution employés dans l'usine.

» Lorsque le courant est envoyé dans les redresseurs, il passe par l'intermédiaire d'un rhéostat de démarrage servant à la mise en

train. Les frotteurs des bagues envoient les courants à 12 phases dans le transformateur et les courants de haute tension arrivent sur la ligne. Des plombs fusibles dont la longueur de fil fusible est de 1^m sont intercalés sur chaque fil.

Fig. 17.



» Un interrupteur à haute tension permet de couper les courants sous 6000 volts en cas de nécessité.

» Des parafoudres montés avec terres séparées complètent la disposition générale d'un poste de départ.

» Les postes récepteurs comportent les mêmes accessoires; le courant continu disponible est distribué par les appareils d'un tableau que l'on aperçoit *fig. 16*. Ces postes sont également munis d'appareils de mesure d'isolement.

» Sans nous étendre davantage sur cette série d'applications des transformateurs-redresseurs, nous terminerons ici cette revue des installations réalisées.

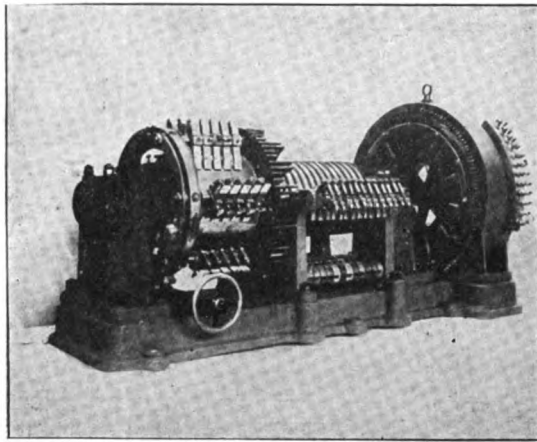
» Vous avez pu vous rendre compte, Messieurs, de l'importance du problème auquel répondait la création des appareils de M. Leblanc.

» La théorie peut en être compliquée; mais, en réalité, leur construction est relativement très simple; en tous cas, le fonction-

nement est tout à fait satisfaisant, ce qui vous prouve surabondamment le nombre et la puissance des appareils en service et en construction.

» Il y a lieu de remarquer, en terminant, que les transformateurs-redresseurs de M. Leblanc résolvent le problème du feeder à courant continu basse tension à longue portée.

Fig. 18.



» A l'usine génératrice, on leur fournit du courant continu de basse tension, pris sur l'une quelconque des machines de service ou même sur plusieurs à la fois si cela est nécessaire.

» Au poste récepteur, on dispose de courant continu de même tension qu'à l'usine génératrice; l'emploi de courants à 5000 ou 6000 volts permet de franchir de grandes distances avec des lignes peu coûteuses et, toutes transformations effectuées, on obtient un rendement industriel des plus satisfaisants.

» La surveillance des appareils pendant leur fonctionnement est très restreinte et les agents qui en sont chargés ont toujours d'autres travaux qui les occupent dans le voisinage; ils viennent simplement jeter de temps en temps un coup d'œil sur les appareils et voir si leur intervention est nécessaire.

» Le peu de surveillance exigé pour les transformateurs-redresseurs vous démontre combien ils sont robustes et combien leur fonctionnement est sûr; c'est une des principales causes de leur

si rapide développement et du bien légitime succès obtenu par M. Leblanc. »

M. le PRÉSIDENT remercie les auteurs de la Communication, et il félicite M. Aliamet sur son exposé clair et précis des intéressantes applications que la Compagnie des chemins de fer du Nord a faites du remarquable système de M. Leblanc.

**APPAREIL EMPLOYÉ AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ POUR L'ÉTUDE
DE LA RÉPARTITION LUMINEUSE DES LAMPES À ARC.**

M. F. LAPORTE. — « La notion du flux lumineux, si nettement établie par M. Blondel, dans le système d'unités photométriques, présenté au Congrès des Électriciens à Genève, en 1896, a fait entrer un nouveau terme, le *lumen*, dans certains marchés d'éclairage.

» Il est en effet très pratique de caractériser la valeur relative, la valeur marchande, puis-je dire, d'une lampe à arc au moyen d'un seul chiffre indiquant le flux lumineux total qu'elle émet autour d'elle, ou pour l'éclairage extérieur le flux en dessous du plan horizontal de l'arc.

» Avec un arc à feu nu, le flux peut être déterminé par une seule mesure au moyen du lumenmètre à miroir de M. Blondel, appareil que M. Rey a présenté il y a quelques années à la Société ⁽¹⁾. La source lumineuse est alors de petite dimension, elle peut être assimilée à un point; et cette méthode simplifiée, autant qu'il est possible de le faire, une mesure longue et délicate.

» Quand l'arc est dans un globe, qu'il est muni de réflecteurs divers, le seul moyen employé jusqu'ici pour mesurer le flux est de le décomposer, de l'analyser en cherchant la répartition de l'intensité lumineuse dans un plan vertical. On mesure donc l'intensité lumineuse de la lampe suivant des directions faisant des angles connus avec l'horizon. Puis les résultats sont reportés sur la courbe polaire bien connue. En admettant que la répartition soit la même dans tous les plans verticaux passant par l'arc, le calcul peut donner le flux lumineux en multipliant chaque intensité moyenne par l'aire de la zone sphérique qui l'émet et en faisant la somme de ces flux partiels.

» Il est plus simple d'employer la méthode graphique indiquée par M. Rousseau, de tracer la courbe transformée en prenant comme abscisses les projections sur une verticale des arcs correspondant aux différentes zones sphériques et comme ordonnées les intensités lumineuses. La mesure de l'aire de la surface ainsi déterminée

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, p. 211; 1895.

donne l'intensité moyenne sphérique. On obtient le flux total en multipliant par 4π l'intensité moyenne sphérique et le flux émis en dessous du plan de l'horizon en multipliant par 2π l'intensité moyenne hémisphérique inférieure.

» Ces mesures de flux lumineux ayant été demandées à plusieurs reprises au Laboratoire central d'électricité en vue de clauses spéciales de marchés d'éclairage, un nouvel appareil a été étudié puis construit pour permettre l'étude de la répartition lumineuse des lampes à arc munies de globe et de réflecteurs dans les conditions de leur emploi journalier.

» Le procédé le plus simple consisterait à déplacer la ligne de visée du photomètre autour de la lampe à arc et à mesurer ainsi directement l'intensité lumineuse dans les différentes directions.

» L'appareil de M. Rousseau réalise ce système. Bien qu'il ne s'applique qu'à des arcs à feu nu, je veux rappeler sa méthode qui présente tant d'avantages quand on peut l'employer.

» Deux règles articulées pivotent autour d'un disque opaque placé à côté de la lampe à arc. Le long de ces règles coulisent de petits miroirs.

» L'un des bras est placé dans le plan horizontal de l'arc. La lumière émise dans cette direction se réfléchit sur le miroir et éclaire un écran et un index qui porte ombre sur cet écran.

» L'autre bras peut prendre diverses inclinaisons. Son miroir réfléchit la lumière de l'arc suivant cette direction et l'index produit une seconde ombre sur l'écran. En déplaçant les miroirs le long des règles, on amène les deux ombres à avoir la même teinte, comme dans le photomètre de Rumford.

» Le rapport des intensités est proportionnel au carré du rapport des distances et l'on détermine ainsi la courbe de la répartition lumineuse en fonction de l'intensité horizontale de la lampe dans le plan vertical même de l'essai.

» C'est là un avantage considérable pour l'exécution de la mesure. Les variations de lumière des arcs sont nombreuses; leurs causes sont diverses, mais en général elles affectent simultanément toute la répartition lumineuse dans un même plan vertical. Le rapport de l'intensité horizontale à l'intensité à 45° en dessous de l'horizon par exemple est presque constant.

» Une ~~seule~~ mesure absolue de l'intensité horizontale permet de fixer l'échelle et de ~~transformer~~ tous les résultats en bougies.

» Ce procédé ne peut malheureusement s'employer que pour les sources lumineuses ponctuelles. Les miroirs doivent être nécessairement petits et légers et la faible longueur des règles ne permettrait pas l'application de la loi de la proportionnalité au carré de la distance avec la dimension des globes.

» En Allemagne, divers expérimentateurs emploient le photomètre Weber qui permet des visées dans toutes les directions, mais il faut à chaque mesure modifier la position relative de la lampe et du photomètre et l'évaluation de l'angle et de la distance sont chaque fois à reprendre.

» Je ne fais que citer un autre procédé qui consiste à renvoyer horizontalement à un photomètre, au moyen d'un miroir, l'intensité lumineuse d'une lampe à arc. Pour changer la direction, il faut à la fois déplacer la lampe et changer l'inclinaison du miroir. Comme le coefficient d'absorption varie avec l'incidence, c'est pour chaque direction une modification des conditions physiques de l'expérience.

» La solution choisie au Laboratoire avait déjà été employée par divers expérimentateurs. Le photomètre et la lampe à arc restent fixes et l'on fait varier la direction du rayon étudié en déplaçant un miroir, mais sans modifier ses distances à l'arc et au photomètre et sans changer son inclinaison.

» L'arc se trouve placé sur l'axe du photomètre et à une assez grande distance (6^m), l'étude de la répartition devant être faite dans le plan vertical perpendiculaire à cet axe. Sur le trajet du rayon horizontal, plaçons un miroir qui le réfléchira et le fera tomber sur le photomètre.

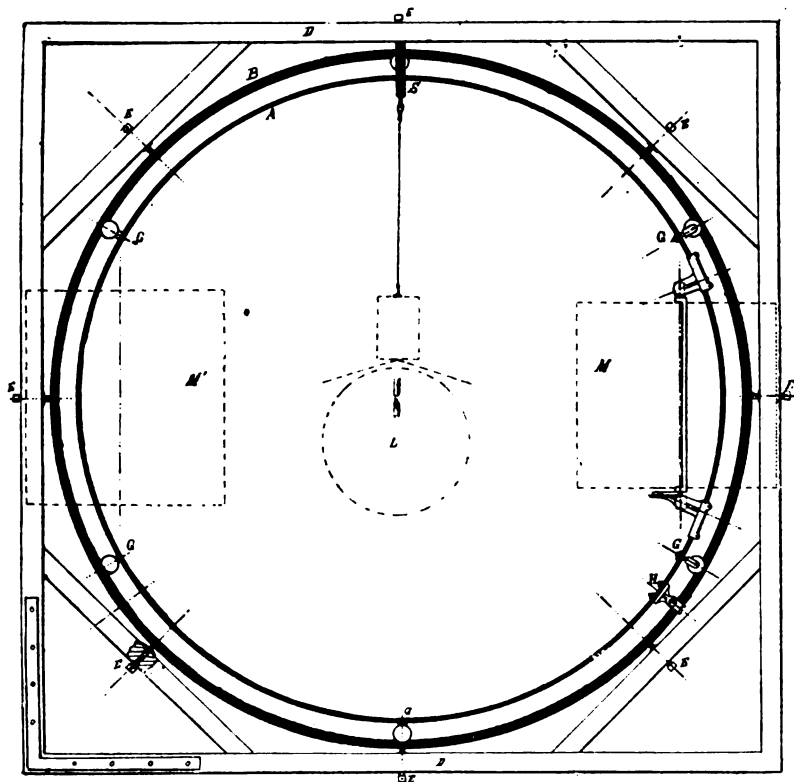
» Comme la distance de l'arc au photomètre est assez grande et que le miroir est aussi rapproché de l'axe que le globe et son image le permettent, l'inclinaison du rayon incident sur le photomètre est faible, l'erreur causée de ce fait est négligeable; nous verrons d'ailleurs tout à l'heure le moyen de l'atténuer.

» Si la lumière directe est masquée par un écran, le photomètre peut mesurer l'intensité lumineuse transmise par le miroir. Faisons tourner ensuite autour de l'axe du photomètre le rayon incident, le

rayon réfléchi et le miroir sans changer son inclinaison par rapport aux deux rayons. Le photomètre recevra alors la lumière de l'arc dans une autre direction. On pourra mesurer l'intensité lumineuse correspondante.

» Dans ces mesures, toutes les conditions physiques restent rigoureusement les mêmes. Le miroir seul se déplace en décrivant un cercle autour de l'axe du photomètre.

Fig. 1.



» Les globes des lampes à arc ont un diamètre qui atteint 50cm , les réflecteurs 70cm environ et, pour que l'image soit complète, les dimensions du miroir sont de $60\text{cm} \times 80\text{cm}$. Pour que le globe ne masque pas son image, le centre du miroir a dû être placé à 85cm de l'axe de rotation, il décrit par conséquent un cercle de $1\text{m},70$ de diamètre.

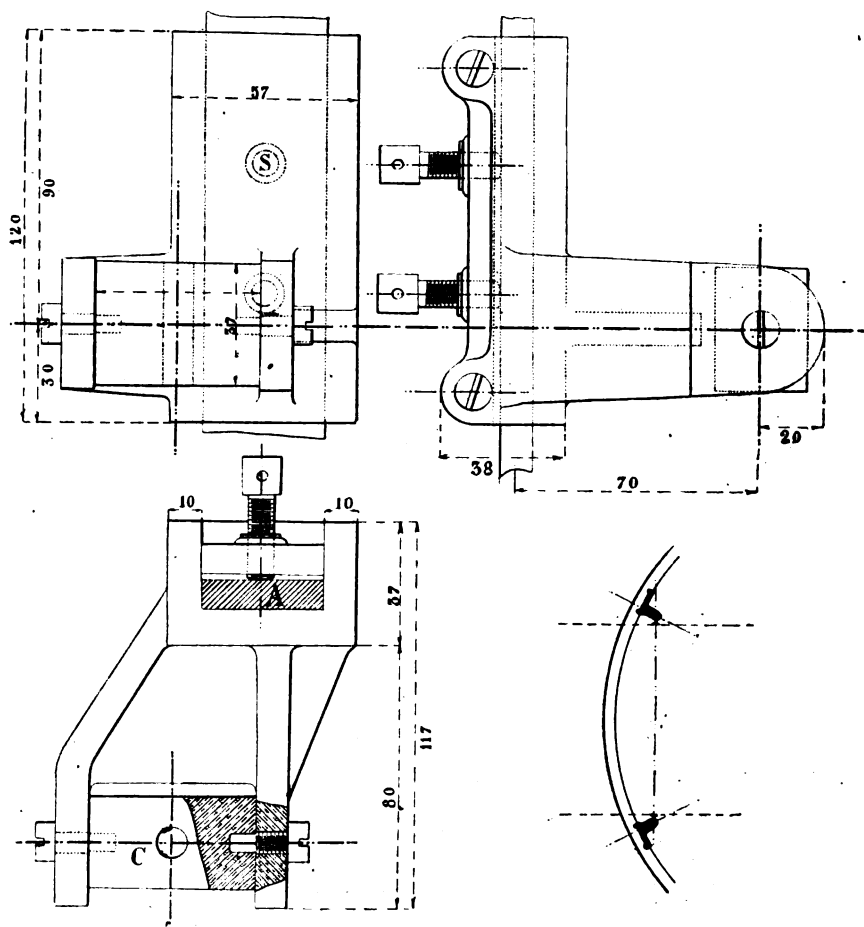
» Le poids du miroir, 20kg environ, son guidage et les dimensions de l'appareil rendaient son exécution délicate. Les études appro-

fondies et minutieuses de M. Charles David, Chef de travaux au Laboratoire, ont su prévoir et lever toutes les difficultés, rendre la réalisation de l'appareil pratique et son emploi commode.

» La construction a été faite entièrement dans l'atelier du Laboratoire sous la direction intelligente et habile de notre Chef d'atelier, M. Maréchal.

» Le miroir M (*fig. 1*) est une glace de Saint-Gobain; il mesure $60\text{cm} \times 80\text{cm}$. Il est placé sur un parquet muni d'une semelle de

Fig. 2.



Support du miroir.

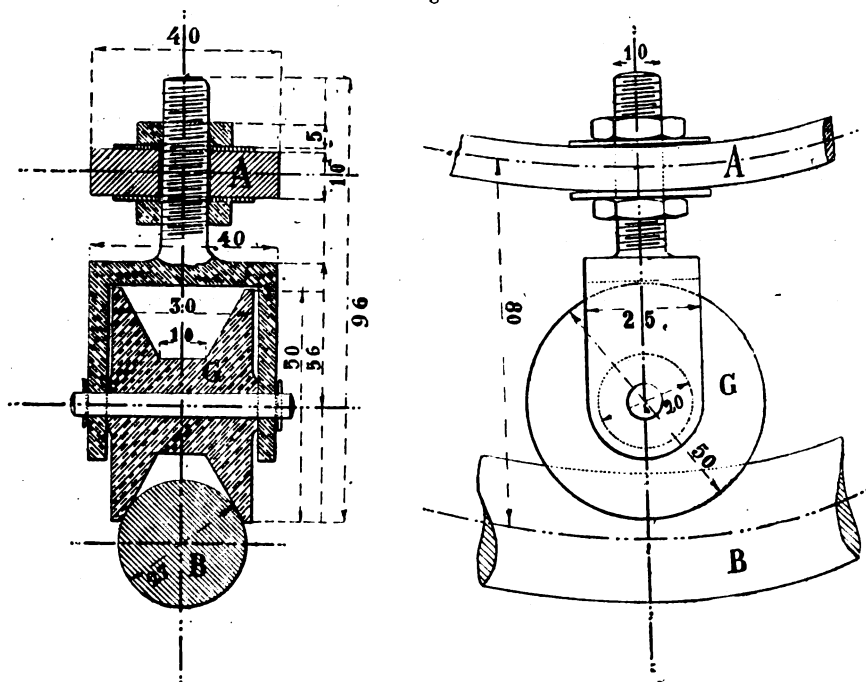
tôle et porte deux tourillons aux deux extrémités du petit axe du rectangle. Deux blocs de laiton C (*fig. 2*), articulés eux-mêmes dans

les supports du miroir S reçoivent les tourillons. L'un des deux blocs porte une pince qui peut serrer un demi-cercle de bronze divisé et porté par le miroir. On peut ainsi régler l'inclinaison autour de son axe, puis la rendre invariable dans cette position.

» Les deux supports du miroir sont fixés à un fer plat de $10^{\text{mm}} \times 40^{\text{mm}}$ cintré et soudé sur lui-même et qui forme une circonférence A de 2^{m} de diamètre. La seconde articulation, celle qui permet le déplacement de l'axe du miroir dans le plan du cercle, était rendue nécessaire par l'obliquité de la surface intérieure du cercle qui, avec des supports rigides, aurait nécessité un ajustage délicat.

» Le cercle porte une masse de plomb destinée à équilibrer à peu près le poids du miroir, à faciliter ainsi son déplacement, le réglage de sa position et sa stabilité pour toutes les inclinaisons.

Fig. 3.



Galet de guidage.

» Sur la surface extérieure du cercle, aux sommets de l'hexagone inscrit, sont fixés six galets à gorge triangulaire G (*fig. 3*) qui peuvent rouler sur un second cercle B, fixe celui-là, formé par un fer rond cintré et soudé également sur lui-même. Le fer a 27^{mm} de

diamètre. Les galets qui portent le cercle mobile ont été placés au contact avec le cercle fixe au moment du montage; ils ont été réglés sur place au moyen de tiges filetées et d'écrous.

» Le guidage latéral est assuré par ce fait que le contact a lieu par les deux faces de la gorge triangulaire et non dans le fond.

» Le centre du miroir décrit donc ainsi un cercle parallèle au cercle fixe, le centre de l'appareil restant entièrement libre pour l'installation et la mise en place de la lampe.

» Une pince H portée par le cercle mobile sert à fixer la position du miroir en faisant serrage sur le cercle fixe. Elle détermine en même temps la direction des rayons réfléchis. Une graduation de 5 en 5 degrés a été repérée par des coups de pointeau sur le cercle fixe; elle permet de lire l'angle correspondant à la position du miroir.

» L'uniformité de la courbure et l'exactitude du centrage du cercle intérieur n'interviennent pas dans la régularité du mouvement du miroir, pourvu bien entendu que les six galets soient bien au contact du cercle guide et que l'axe du miroir coïncide bien avec une corde de ce cercle. La surface de roulement, au contraire, doit être parfaitement circulaire. Une ovalisation pourrait agir sur la position du miroir ou même empêcher son mouvement de rotation. Il fallait donc pouvoir corriger sur place les défauts que l'on aurait pu remarquer dans le cintrage et rendre même ce réglage toujours possible, car le poids du fer placé verticalement, ajouté au poids du miroir, était susceptible de le faire fléchir.

» L'appareil est placé dans un cadre en madriers assemblés D, munis d'équerres dans les angles et formant un tout solide. La rigidité de l'ensemble est obtenue par quatre traverses coupant les angles du carré; l'espace laissé libre à l'intérieur est alors un octogone régulier un peu plus grand que le polygone circonscrit au cercle (*fig. 1*).

» Au milieu de chacun des côtés se trouve encastré un écrou fixe traversé par une vis à tête percée E et d'un pas assez faible. L'extrémité en pointe mousse vient s'appuyer sur la surface extérieure du cercle B.

» Il est facile dès lors, en réglant leur pression, de rectifier le cercle, de corriger ses irrégularités et de prévenir les ovalisations

dues à la pesanteur. Il suffit pour cela d'un léger serrage aux extrémités du diamètre maximum de manière à le réduire.

» L'appareil, tel que je vous l'ai décrit jusqu'ici, a été doublé. Il comporte en réalité deux miroirs, mobiles et indépendants, pouvant se déplacer sur deux cercles parallèles placés à quelques centimètres de part et d'autre du plan de l'axe.

» Nous avons été amené au doublement de l'appareil par les considérations suivantes :

» Par suite du centrage des charbons qui ne peut se faire et se maintenir d'une façon absolument parfaite, le cratère de l'arc n'occupe pas une position rigoureusement symétrique. La répartition de la lumière n'est pas la même dans tous les plans verticaux passant par l'arc. Il est un plan pour lequel toutes les intensités lumineuses sont plus fortes que dans tous les autres et, de même, il y a un plan vertical d'intensité minima.

» Les deux directions d'intensité maxima et minima sont, autant qu'on a pu le constater, sensiblement à 180° l'une de l'autre.

» Les différences peuvent être grandes. Voici, par exemple, quelques chiffres que je relève dans le travail de M. Rousseau à l'occasion de l'exposition d'Anvers.

» Ces chiffres se rapportent à l'intensité lumineuse horizontale mesurée dans quatre directions différentes à 90° l'une de l'autre.

» Les intensités lumineuses sont exprimées en carcel.

Angles				
	0°.	90°.	180°.	270°.
Intensités lumineuses.....	83,4	67,2	28,6	45,1
	81,6	65,8	27,8	41,3

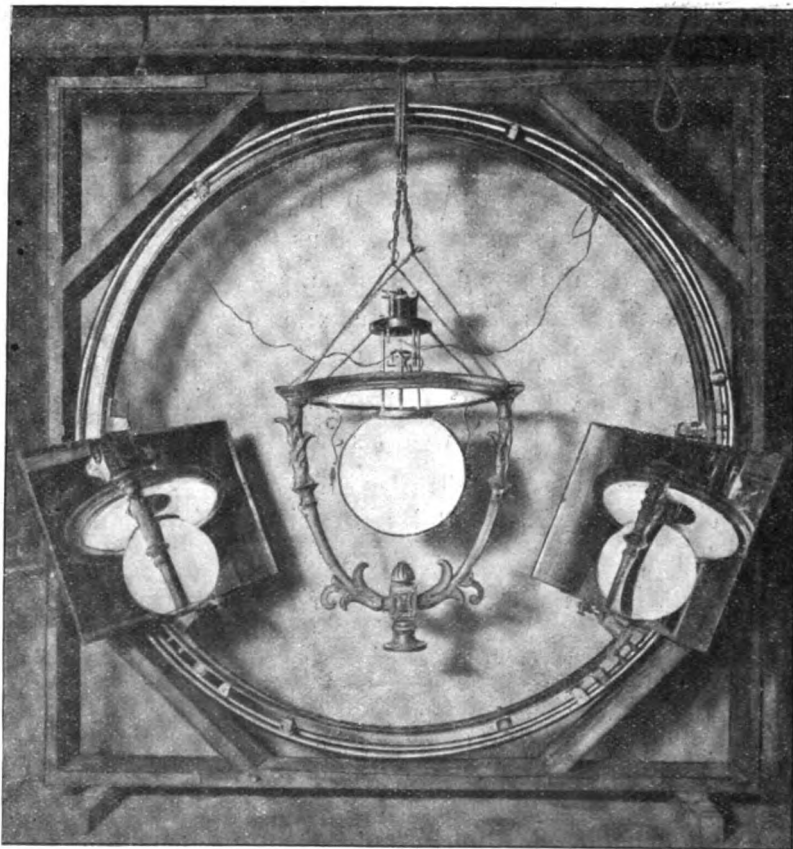
» Ces intensités sont fort différentes, mais on remarque que, en prenant les moyennes des intensités lumineuses dans des directions à 180° , ces moyennes sont très voisines de la moyenne générale : 56 et 56,15 au lieu de 56,1 ; 54,7 et 53,5 au lieu de 54,1.

» M. Wedding et M. Georges, dans leurs beaux travaux sur la répartition lumineuse de l'arc à courants alternatifs, relèvent simultanément les deux courbes de répartition lumineuse correspondant à un même plan vertical, mais de part et d'autre de la verticale de l'arc. Les deux courbes diffèrent parfois d'une façon notable, mais

ils adoptent la moyenne comme valeur de l'intensité dans chaque direction.

» L'appareil, avec ses deux miroirs placés symétriquement dans le même plan vertical de part et d'autre de l'arc, concentre sur le photomètre la lumière émise dans ces deux directions. La mesure donne la somme des intensités lumineuses. Une seule lecture permet donc

Fig. 4.



d'avoir la moyenne cherchée ordinairement par une double série d'expériences successives ou simultanées, valeur qui est très sensiblement constante. Si l'on voulait une précision plus grande, on ferait deux séries de mesures en faisant tourner la lampe de 90° : la moyenne donnerait l'intensité moyenne de quatre directions.

» Il est une autre cause en dehors de celle de la position du cratère qui rend très difficile toute mesure photométrique de l'arc,

c'est le phénomène bien connu de sa rotation. L'arc jaillit entre les points les plus rapprochés des charbons et il se produit latéralement. Ce côté correspond naturellement à une direction de lumière maxima. Les charbons s'usant, l'arc se déplace bientôt, entraînant ainsi le point le plus lumineux du charbon successivement dans toutes les directions. Deux lectures photométriques consécutives peuvent, avec un arc à feu nu, donner des valeurs de l'intensité lumineuse variant de 1 à 4. Il est nécessaire, dans ces conditions, pour avoir une moyenne se rapprochant de la réalité, de faire un grand nombre de mesures. L'appareil de M. Rousseau a le grand avantage de comparer chaque fois l'intensité horizontale avec l'intensité dans une certaine direction *prise dans le même plan vertical*. Comme le phénomène de la rotation de l'arc a une influence à peu près semblable sur toute la répartition lumineuse en ce plan, le rapport de l'intensité horizontale à une autre intensité est à peu près indépendant de la position du plan de maximum de lumière. Malheureusement, la méthode de M. Rousseau n'est plus applicable. On avait bien proposé de comparer l'intensité lumineuse, prise dans une certaine direction, à l'intensité lumineuse horizontale prise dans le même plan vertical, mais dans la direction opposée à 180° . Cette méthode, au lieu d'être une amélioration, ne fait qu'accentuer les différences et doublerait les variations, l'unité passant par un minimum quand la quantité à mesurer est maximum et *vice versa*.

» En employant les deux miroirs placés dans des directions à 180° , les variations de l'intensité lumineuse résultante sont encore importantes, et cependant elles sont considérablement réduites.

» En prenant l'intensité lumineuse dans une seule direction, M. Rousseau a constaté des variations atteignant 1 à 2; dans certaines de nos mesures avec le courant alternatif, nous avons trouvé 1 à 4, dans les mêmes conditions, avec les deux miroirs 1 à 1,25 ou 1,30. La réduction de l'écart est donc importante, mais un certain nombre de lectures photométriques seraient encore nécessaires pour arriver à un résultat se rapprochant de la valeur moyenne véritable. Il est cependant fort important de réduire le plus possible le temps nécessaire à la mesure complète, car le régime de l'arc change et il importe que les conditions de l'expérience ne soient pas modifiées pendant sa durée.

» Si l'on prend la moyenne des lectures maxima et minima au photomètre, on arrive presque exactement au même chiffre qu'en prenant la moyenne d'un grand nombre de mesures faites à des instants indéterminés. On peut se contenter ainsi de faire quatre mesures pour chaque direction, à condition de suivre au photomètre la variation de l'arc et de prendre deux lectures au moment du maximum et deux au moment du minimum.

» La moyenne correspond en somme à huit lectures faites dans quatre directions différentes, à 90° l'une de l'autre; les mesures sont faites rapidement et le résultat semble suffisant comme précision.

» La disposition de l'installation est la suivante :

» Le banc photométrique est placé suivant l'axe de la pièce; c'est un banc provisoire en bois, construit au Laboratoire, et dont la longueur est seulement de $2^m, 30$ environ.

» Le photomètre est à l'extrémité du banc; la lampe à incandescence qui sert de terme de comparaison est montée sur un chariot se déplaçant sur le banc de manière à permettre l'égalisation des éclairéments.

» Le photomètre est du système Lummer Brodhum. Pour faciliter la mesure et l'égalisation de la lumière de l'arc avec celle produite par la lampe à incandescence, l'observation se fait à travers une cuve à faces parallèles remplie de la solution de Crova.

» L'appareil est placé perpendiculairement à l'axe de la pièce. Il est suspendu à une poutre en fer à T fixée de part et d'autre dans le mur; on peut régler la position du cadre et assurer l'horizontalité et la verticalité des côtés. Ce réglage terminé, le cadre est calé en dessous pour empêcher les oscillations latérales qui gêneraient les observations.

» Les appareils de mesure et de contrôle du bon fonctionnement de l'arc et les résistances de réglage sont installés au fond de la pièce, derrière l'appareil, sur le mur et sur une table.

» L'arc est suspendu à la chape d'une poulie R (*fig. 5*). Cette chape est à pivot et permet de faire prendre à l'arc toutes les directions autour d'un axe vertical.

» La position de l'arc au centre de l'appareil est obtenue au moyen des réglages suivants :

entre deux fers formant une fente horizontale F; leur position est assurée par des vis de pression, mais on peut facilement, en desserrant ces vis et en faisant glisser les axes, porter la lampe en avant ou en arrière.

» Deux trous, percés, une fois pour toutes, à travers le châssis dans le plan moyen de l'appareil, permettent de tendre un fil et de vérifier la position de la lampe.

» On vérifie la hauteur de la lampe de cette façon et son réglage est facile en tendant ou en relâchant la corde de la poulie.

» L'arc étant centré et son régime étant bien établi, on commence par mesurer l'intensité lumineuse horizontale en recevant directement sa lumière sur le photomètre. La mesure est longue, car il faut faire des lectures photométriques nombreuses et dans plusieurs directions (1). Puis les miroirs étant placés à l'angle 90°, direction horizontale, les angles étant comptés à partir de la verticale, on règle leur inclinaison, on masque la lumière directe de l'arc, on détermine au photomètre l'éclairement de l'écran. On mesure la distance du photomètre au miroir, on y ajoute celle du miroir à l'arc. Il est facile de calculer l'intensité lumineuse correspondante, en tenant compte des deux miroirs. Elle devrait être égale à celle obtenue directement. Le rapport de ces deux intensités lumineuses donne le rendement du miroir et l'effet de l'inclinaison du rayon réfléchi sur le photomètre.

» Ce résultat est sujet à une erreur probable assez grande, plus forte que celle des autres mesures puisqu'elle dépend de deux intensités lumineuses d'arc dont l'une provient de mesures faites d'un seul côté à la fois, et que la lumière émise horizontalement varie beaucoup d'un moment à l'autre. Ce rendement des miroirs a été vérifié au moyen d'une lampe à pétrole de 60 bougies qui reste assez constante pendant le temps d'une expérience. En opérant comme je viens de le dire pour l'arc, j'ai obtenu le rendement de 0,82, c'était à peu près la moyenne des résultats obtenus avec l'arc (0,81).

» L'intensité horizontale étant mesurée, on abaisse les miroirs à

(1) Connaissant la distance du photomètre à l'arc, l'intensité lumineuse de la lampe de comparaison et sa distance au photomètre pour l'égalité d'éclairement, il est facile de calculer l'intensité lumineuse horizontale de l'arc.

10° au-dessous de l'horizon, et l'observateur placé au photomètre fait, comme il a été dit, quatre lectures correspondant à deux maxima et à deux minima. A chaque lecture, les indications des appareils de mesures (voltmètre, ampèremètre, wattmètre) sont relevées.

» Les miroirs sont ensuite baissés de nouveau de 10° et ainsi de suite de proche en proche.

» Pour les angles voisins de la verticale, les dimensions des miroirs ne permettent plus leur emploi simultané. On fait alors les lectures successivement avec les deux miroirs. D'ailleurs ces directions offrent peu d'intérêt; l'intensité lumineuse est assez faible et n'intervient que pour une part minime dans le calcul du flux.

» Connaissant par l'expérience préliminaire l'absorption du miroir, on calcule pour chaque direction l'intensité vraie correspondante, directement et sans passer par l'intermédiaire obligé de l'intensité horizontale.

» Je veux vous donner, en terminant, les résultats de deux séries de mesures faites avec cet appareil; beaucoup d'autres ont été faites, mais celles-ci peuvent présenter, par leur rapprochement, quelque intérêt.

» La lampe essayée est du système Kremenisky à courants alternatifs. Deux expériences ont été faites, l'une sans globe et sans réflecteur extérieur, l'autre avec ses accessoires.

Charbons Siemens, série A.

	Diamètre.
Supérieur à mèche.....	16 ^{mm}
Inférieur homogène.....	15 ^{mm}

» La lampe fonctionnait sur le courant du secteur de la rive gauche; fréquence, 42 (¹) :

Différence de potentiel à la lampe.....	37 volts
Intensité.....	14 ampères
Puissance dépensée dans la lampe.....	455 watts

(¹) Elle était montée en série avec une bobine de self-induction aux bornes d'un transformateur abaissant la tension de 110 à 40 volts environ.

Différence de potentiel avec la bobine de réglage...	40 volts
Coefficient de puissance.....	0,81
Intensité moyenne hémisphérique inférieure.....	403 bougies
Flux hémisphérique inférieur.....	2500 lumens

Ce qui donne :

Par bougie décimale	1,13 watt
» watt.....	5,5 lumens

» Avec le globe et le réflecteur extérieur, le régime de la lampe a changé un peu, bien que son réglage ne fût pas touché :

Différence de potentiel à la lampe.....	36,5 volts
Intensité... ..	13,7 ampères
Puissance dépensée dans la lampe	434 watts
Différence de potentiel avec la bobine de réglage ...	39,5 volts
Coefficient de puissance	0,80
Intensité moyenne hémisphérique inférieure.....	305 bougies
Flux hémisphérique inférieur	1900 lumens

Ce qui donne :

Par bougie décimale	1,42 watt
» watt.....	4,4 lumens

» Le rendement du globe est de 80 pour 100. Le globe est opalin très transparent, et il a été choisi comme tel pour cet essai parmi plusieurs autres, et cependant il absorbe le cinquième de la lumière fournie. Les beaux rendements des appareils électriques, en général, font regretter cette mauvaise utilisation de l'énergie. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Laporte d'avoir exposé en détail la méthode suivie au Laboratoire central pour des mesures délicates.

La séance est levée à 10^h25^m.



BIBLIOGRAPHIE.

Cinématique et Mécanismes; potentiel et mécanique des fluides : Cours professé à la Sorbonne par M. H. POINCARÉ. 1 vol. in-8 raisin. Paris, 1899; G. Carré et Naud.

Ce Volume renferme les matières enseignées à la Faculté des Sciences de Paris par M. H. Poincaré, et inscrites au programme actuel des Certificats de Mécanique rationnelle et de Mécanique physique.

On y trouvera, exposés avec la simplicité et la clarté qui caractérisent la manière du maître :

- 1° Les éléments généraux de la Cinématique;
- 2° Les propriétés les plus importantes du potentiel;
- 3° Ce qu'il faut savoir de l'Hydrostatique et de l'Hydrodynamique lorsqu'on s'occupe des Sciences physiques.

Chaque théorie est accompagnée d'applications variées qui en soulignent l'esprit et la portée. Citons les applications de la Cinématique à la Géométrie et aux Mécanismes; du potentiel au problème de l'attraction exercée par un ellipsoïde; de l'Hydrostatique à la recherche des conditions d'équilibre des corps flottants et au nivellement barométrique; de l'Hydrodynamique à l'étude des tourbillons et des sphères pulsantes.

Ce Cours de M. Poincaré, sur lequel nous appelons l'attention du lecteur, sert en quelque sorte d'introduction à la très remarquable série des Cours de Physique mathématique professés depuis à la Sorbonne par le savant académicien.

Leçons sur l'Électricité professées à l'Institut électrochimique Montefiore,
par ERIC GÉRARD; 2 vol. grand in-8. Paris, Gauthier-Villars.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques.* 6^e édition, avec 338 figures; 1899.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la Téléphonie, à la Télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage et à la Métallurgie.* 5^e édition, avec 378 figures; 1898.

Cinq éditions successives de cet Ouvrage ont été épuisées en quelques années, ce qui est le meilleur témoignage de l'intérêt que ce Livre a excité. Ces éditions ont permis de tenir celui-ci constamment au courant de la Science électrique et de ses applications, et de décrire toutes les inventions et tous les perfectionnements importants accomplis en Électrotechnique.

Cette sixième édition du premier Volume comporte de notables changements. La théorie des ions a été appliquée à l'étude de l'électrolyse, des piles et des accumulateurs. Les phénomènes d'induction dans les circuits et dans la masse des conducteurs

traversés par des courants alternatifs ont été l'objet d'un examen plus approfondi que dans les éditions précédentes. L'emploi des radio-conducteurs a trouvé place dans l'exposé des ondes électriques. Dans l'Électrométrie, des développements ont été donnés aux méthodes de mesure des différences de potentiel, de l'hystérésis et de la perméabilité. Le Chapitre relatif aux accumulateurs a été renforcé, tant dans son exposition théorique que dans sa partie descriptive.

Température et énergies; Essai sur une équation de dimensions de la température,
par M. P. JUPPONT. Éditeurs : Bernard Tignol, Paris, 1899; E. Privat, Toulouse.

Afin de relier la température actuelle au système C. G. S., l'Auteur propose, dans cet Ouvrage, une définition directe de la température.

De cette définition résultent les principales lois thermiques, notamment les lois de la dilatation, le principe de Carnot, la valeur du rapport $\frac{C}{c} = \sqrt{2}$, ...; elle est également d'accord avec les équations de dimensions des grandeurs électriques et montre, dans ces équations mêmes, l'influence de la température sur la résistance, les forces électromotrices, les actions électrochimiques, etc.

Les matières contenues dans ce travail sont présentées sous une forme élémentaire, bien qu'elles touchent aux principes les plus élevés de la Science.

Les arbres à gutta-percha, par HENRI LECOMTE. 1 vol. in-8.
Georges Carré et Naud, Paris, 1899.

La possibilité d'étendre la culture des arbres à gutta à des sols jusqu'ici délaissés est désormais hors de doute. Les conséquences de cette acclimatation sont corrélatives d'un progrès immense dans l'industrie manufacturière, et c'est le devoir de tous les intéressés de s'entourer des renseignements propres à les guider dans leurs entreprises.

Le livre de M. Lecomte, documenté sur des lieux de production et orienté vers le planteur, qui demeure en définitive le premier intéressé dans ces sortes d'initiatives, sera lu avec fruit par ceux qui s'occupent des cultures exotiques.

D'autre part, l'importance sans cesse grandissante de la gutta-percha sur les marchés européens rend cet Ouvrage indispensable à l'ingénieur électricien et à l'industriel soucieux de posséder des données précises sur l'origine d'une matière aussi précieuse.



PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

11/3. Conducteurs aériens pour tramways; *M. Schiemann*. — Nouveau montage pour accumulateurs; *A. Tribelhorn*.

18/3. Conducteurs aériens... (*fin*); *M. Schiemann*. — Mesure de l'isolement des batteries d'accumulateurs; *C. Liebenow*.

23/3. Voitures électriques; *F. Wilding*. — Phénomènes acoustiques de l'arc électriques; *O. Hartmann*.

1/6. Pertes par frottement dans les machines électriques; *G. Dettmar*. — Emploi des diagrammes vectoriels pour les courants alternatifs dans les longues canalisations, et la limite économique des hautes tensions; *G. Dettmar*.

AMÉRIQUE.

Electrical World et Electrical Engineer.

29/4. Systèmes de distribution secondaire pour courants triphasés; *A. Bowie*. — Action d'un moteur synchrone, comme inductance et capacité; *A. Mac-Kissick*. — De la voie comme circuit de retour; *C. Anthony*. — Notes sur l'interrupteur Wehnelt; *R. Cunningham*. — Construction bi- et multipolaire; *A. Adams*.

6/3. Types américains de voitures électriques; *T. Booth*. — Nouvelle forme de l'interrupteur Wehnelt; *E. Thomson*.

13/3. Nouveau diagramme pour les transformateurs; *F. Raum*. — Mesure des phases; *E. Place*. — Radiation électrique; *A. Abbott*.

20/3. Pertes dans le fer des transformateurs; *W. Goldsborough*. — Influence des retards ou avances des courants sur le réglage de la tension; *F. Raum*. — Types spéciaux d'alternateurs; *F. Patten*. — Radiation électrique (*suite*); *A. Abbott*.

27/3. Efforts mécaniques sur les bobines d'armature; *P. Heldt*. — Radiation électrique (*suite*); *A. Abbott*. — Radiation électrique (*suite*); *A. Abbott*. — Relais téléphoniques; *W. Hammer*. — Appareils de sécurité dans les distributions électriques; *W. Emmet*.

Journal of the Franklin Institute.

Mai. Problème du transport en commun dans les grandes villes; *E. Higgins*. — Examen électrique des voitures de tramways; *A. Herrick*.

Juin. Graphite, sa fabrication; *E. Acheson*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

26/5. **Chemin** de fer électrique triphasé entre Chicago et Milwaukee; *S. Sherman*. — La locomotive électrique en pratique; résistance à la traction dans les tunnels, avec notes sur leur construction; *P. Mac-Mahon*. — Électromètre à quadrants pour mesure des courants alternatifs; *Addenbrooke*. — Détérioration du caoutchouc; *H. Terry*.

2/6. Noyaux de transformateurs; *E. Scott*. — Notes sur la canalisation de *Cheltenham*; *H. Kilgour*.

9/6. Procédé Solvay pour la fabrication de la soude et du chlorure de chaux; *G. Robertson*. — Locomotive... (*suite*); *P. Mac-Mahon*. — Avantages relatifs des divers modes de traction; *T. Parker*.

The Electrical Review.

12/5. Accessoires de la traction électrique; *H. Cottrell*. — Radiation électrique; *J. Taylor*.

19/5. Radiation électrique (*fin*); *J. Taylor*.

26/5. Accessoires... (*suite*); *H. Cottrell*. — Échauffement des collecteurs; *H. Dix*.

2/6. Luminosité des terres rares sous l'action des rayons cathodiques; *A. Swinton*.

9/6. Accessoires... (*suite*); *H. Cottrell*. — Courants terrestres dans l'Atlantique; *E. Barker*. — Usage de l'aluminium pour tableaux; *E. Scott*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

14/5. Théorie des moteurs à champ tournant; *G. Osanna*. — Installation électrique d'épuisement dans les mines de Bochum; *O. Lasche*.

21/5. Théorie... (*fin*); *G. Osanna*.

4/6. Feeders de retour pour tramways; *Bohm Raffay*.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

- Annuaire de l'Électricité et des Industries électriques, pour 1899*; par CAMILLE ROUSSET; 1 vol. gr. in-8°. Paris, 1899. (*Don de l'Auteur.*)
- Annuaire de la Marine pour 1899*; 1 vol. in-8°. Paris, Imprimerie Nationale et Oct. Doin, 1899. (*Don du Ministère de la Marine.*)
- Cinématique et Mécanismes. Potentiel et Mécanique des fluides.* Cours professé à la Sorbonne par M. H. POINCARÉ, rédigé par M. A. Juillet. Paris, G. Carré et C. Naud, 1899; 1 vol. in-8° raisin broché. (*Don des Éditeurs.*)
- Claude Chappe. Notice biographique*; par ERNEST JACQUEZ; 1 broch. in-8°. Paris, A. Picard et fils, 1893. (*Don de l'Auteur.*)
- Commune électrique (La)*; par CAMILLE AMPHOUX; 1 broch. in-8°. Castres, Abeillhou, 1896. (*Don de l'Auteur.*)
- Leçons sur l'Électricité*; par M. ÉRIC GÉRARD; Tome I^{er}; 6^e édition. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. grand in-8° broché. (*Don de l'Auteur et de l'Éditeur.*)
- Les arbres à gutta-percha : leur culture*; par M. HENRI LECOMTE, Docteur ès Sciences. Paris, G. Carré et C. Naud, 1899; 1 vol. in-8° broché. (*Don des Éditeurs.*)
- Température et Énergies. Essai sur une équation de dimensions de la température*; par M. P. JUPPONT. Paris-Toulouse, Bernard Tignol et Édouard Privat, 1899; 1 vol. in-12. (*Don de l'Auteur.*)

Étranger.

- Atti del reale Istituto d'incoraggiamento di Napoli*; 4^e série, Volume Xth; Napoli, Cooperativa tipografica, 1898; 1 vol. grand in-4°. (*Don de la Société.*)
- Constructionstafeln für den Dynamobau.* 1^{er} Theil : *Gleichstrom-Maschinen* (2^{te} Auflage); 2^{ter} Theil : *Wechselstrom-Maschinen*; herausg. von Prof. E. ARNOLD. Stuttgart, Fred. Enke, 1899; 2 atlas de planches. (*Don de l'Auteur.*)
- Das electrotechnische Institut der Grossherzoglichen technischen Hochschule zu Carlsruhe*, von Prof. E. Arnold; 1899, Berlin, J. Springer, München, R. Oldenbourg; 1 vol. in-4° broché. (*Don de l'Auteur.*)

Dei varii sistemi di tariffe per la vendita dell' energia elettrica; par l'Ingegner **CAR. GUSTAVO D'ORSO**. Napoli, F. di Gennaro e A. Morano, 1899; 1 brochure grand in-8°. (*Don de l'Auteur.*)

Die Einrichtungen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen und ihr Gebrauch, von **D^r B. DONATH**. Berlin, Reuther et Reichard, 1899; 1 vol. in-8° broché. (*Don des Éditeurs.*)

Handbuch der Telephonie, par le **D^r VICTOR WIETLISBACH**; 1 vol. grand in-8, relié. Vienne, Hartlebens Verlag, 1899. (*Don de l'Éditeur.*)

Patent for inventions. — Abridgments of specifications relating to electricity and magnetism. — Série 1877-1883, 6 vol.; série 1884-1888, 7 vol; série 1889-1892, 9 vol. London, the Patent Office sale Branch. (*Don du Patent Office de Londres.*)

Temperature coefficients of « conductivity » Copper, par **MM. CLARK, FORDE et TAYLOR**; 1 opuscule in-8, relié. Londres, 1899. (*Don des Auteurs.*)

Traccion electrica (La) par **M. ENRIQUE HAUSER**; 1 broch. in-8. Madrid, E. Téodoro, 1899. (*Don des Auteurs.*)



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Comparaison des vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air et le long des fils (M. C. Gutton), p. 311.

Étude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs (suite) (M. M. Leblanc), p. 316.

BIBLIOGRAPHIE, p. 345.

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ, promotion 1898-1899, p. 347.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 5 juillet 1899 (1).

PRÉSIDENCE DE M. J. VIOLLE

La séance est ouverte à 8^h40^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Dirvell (Georges), Attaché à l'Inspecteur du matériel et de la traction à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, 153, boulevard Muret, à Auteuil. — Présenté par MM. P. Janet et Ch. David.

Kernel (comte Olivier de), Ingénieur-électricien pour la *Société anonyme des Bâti-ments en province*, 3, rue Belouza, à Paris. — Présenté par MM. F. Laporte et J.-A. Sabourain.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. H. BOUVIER, Ch. JÆGGÉ et J. ROGER et associe la Société aux regrets que cause la perte de ces Membres.

Des remerciements sont adressés à M. Darras pour le don qu'il a fait au Laboratoire central d'Électricité d'un compteur à secondes.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

COMPARAISON DES VITESSES DE PROPAGATION DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES
DANS L'AIR ET LE LONG DES FILS ⁽¹⁾.

M. C. GUTTON. — « En 1857, Kirchhoff a le premier établi qu'une perturbation électromagnétique de courte durée peut se propager le long d'un fil métallique avec une vitesse égale à celle de la lumière. Maxwell, en 1865, a déduit de sa théorie que les ondes électromagnétiques doivent se propager dans l'air avec la même vitesse; les théories plus anciennes conduisaient, au contraire, à admettre que les effets d'induction se transmettent instantanément d'un point à un autre.

» La découverte par Hertz d'un moyen permettant d'obtenir des oscillations électriques régulières dont la période est inférieure à la millième partie d'un millionième de seconde, a amené à la confirmation expérimentale directe des résultats de Kirchhoff et de Maxwell.

» En 1889, Hertz a montré que les ondes électriques se propagent dans l'air avec une vitesse *finie*. La maladie l'a empêché de compléter des expériences qu'il avait entreprises pour montrer l'égalité des vitesses de propagation dans l'air et le long des fils.

» MM. Sarasin et de la Rive ont mis hors de doute *cette égalité des vitesses*.

» Enfin M. Blondlot a déterminé la valeur numérique de la vitesse de propagation et a montré qu'*elle était égale à celle de la lumière*.

» La découverte de M. Branly ayant mis entre les mains des physiciens un moyen très sensible pour étudier les ondes électriques, je me suis proposé d'utiliser un tube à limaille pour vérifier l'égalité des vitesses de propagation dans l'air et le long des fils par une méthode différente de celle de MM. Sarasin et de la Rive. Je vais rappeler en quelques mots les expériences célèbres exécutées à Genève en 1892 et 1893 par ces deux physiciens.

» MM. Sarasin et de la Rive ont, tout d'abord, établi qu'un résonateur détermine une longueur d'onde qui lui est propre, c'est-à-dire dépend seulement de sa forme et de ses dimensions et pas de celles

(1) Communication présentée, au nom de l'Auteur, par M. H. Abraham.

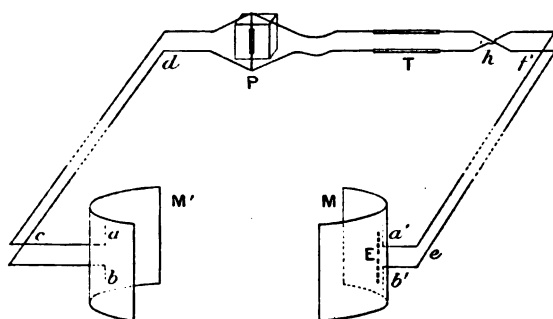
de l'excitateur. Ce résultat étant acquis, ils ont entrepris des expériences d'interférences, analogues à celles de Hertz, dans le but de déterminer la longueur d'onde d'un résonateur. Ils ont fait agir sur celui-ci d'abord des ondes qui se propageaient le long de deux fils parallèles et se réfléchissaient à l'extrémité de ces fils, puis des ondes qui se propageaient dans l'air et étaient réfléchies par un grand miroir métallique plan. En déplaçant le résonateur le long des fils ou sur la normale au centre du miroir, les étincelles à la coupure du résonateur passaient par une série de maxima et de minima. La demi-longueur d'onde $\frac{\lambda}{2}$ du résonateur est mesurée, dans les deux cas, par la distance qui sépare deux positions consécutives du résonateur, pour lesquelles l'étincelle est maximum ou minimum. La période d'oscillation T du résonateur et la vitesse de propagation V sont reliées à la longueur d'onde par l'équation $\lambda = VT$. MM. Sarasin et de la Rive ont trouvé que la longueur d'onde d'un résonateur est la même dans l'air ou le long des fils ; il en résulte que les vitesses de propagation sont égales. La plupart des expériences ont été faites avec un résonateur circulaire de 0^m,75 de diamètre dont la longueur d'onde, égale à 6^m, pouvait être mesurée à 0^m,15 près ; l'égalité des vitesses de propagation était donc vérifiée à $\frac{1}{10}$ près.

» La méthode que j'ai employée permet de comparer les vitesses de propagation sans passer par l'intermédiaire d'un résonateur et de vérifier directement que, dans l'air ou le long d'un fil, les ondes mettent le même temps à parcourir une longueur donnée.

» Deux systèmes d'ondes partent simultanément d'un excitateur : l'un se propage constamment le long de fils de cuivre, tandis que l'autre effectue dans l'air une partie de son trajet. Ces deux systèmes d'ondes arrivent à un même tube Branly, disposé de telle sorte que, si les ondes l'atteignent en même temps, leurs actions se retranchent. On règle la longueur des chemins parcourus par les ondes de façon à ne plus observer d'action sur le tube Branly ; les deux systèmes d'ondes mettent alors le même temps pour aller de l'excitateur au tube. Ayant ensuite supprimé la plus grande longueur du trajet que parcourt dans l'air l'un des deux systèmes d'ondes, on la remplace par une longueur égale de fils rectilignes et l'on cherche si les ondes arrivent encore en même temps au tube Branly.

» Voici quelle est la disposition expérimentale : un excitateur rectiligne E, formé de deux tiges de laiton de 3^{cm} de longueur et de 0^{cm},6 de diamètre, donne des ondes de 0^m,17 de longueur. L'étincelle principale jaillit entre ces deux tiges dans de l'huile de vaseline. L'excitateur, comme ceux de Righi, est chargé par deux étincelles d'accès qui éclatent dans l'air; elles sont produites par une petite bobine, dont on manœuvre à la main l'interrupteur à mercure.

» Cet excitateur est placé sur la ligne focale d'un miroir parabolique M de 0^m,07 de distance focale, 0^m,55 de hauteur et 0^m,27 de



profondeur. Les ondes sont concentrées, par un second miroir M', identique au premier, sur deux fils de cuivre *a* et *b* de 8^{cm} de longueur placés sur la ligne focale. Les extrémités en regard de ces fils sont reliées à deux fils de cuivre parallèles de 0^{cm},11 de diamètre tendus l'un au-dessus de l'autre à 1^{cm} de distance; ces fils traversent le miroir et conduisent les ondes jusqu'à un pont P ayant 8^{cm} de longueur.

» D'autre part, un second système d'ondes est reçu par deux fils *a'* et *b'* disposés parallèlement à l'excitateur dans le premier miroir. Les ondes se propagent le long de la ligne *ef*/P jusqu'au pont P, commun aux deux lignes. Afin de pouvoir allonger ou raccourcir à volonté cette seconde ligne, un tube de laiton T de 35^{cm} de long et une tige de cuivre de 0^{cm},18 de diamètre, qui glisse à frottement dans ce tube, sont intercalés sur chacun des fils; on fait varier simultanément la longueur des deux fils de la ligne en tirant plus ou moins les tiges hors des tubes. Les deux fils sont croisés en un point *h*, ce qui renverse le sens suivant lequel les ondes traversent le pont. Si les ondes parties simultanément de l'excitateur, par cha-

cune des branches de l'appareil, mettent le même temps pour arriver au pont, elles traversent celui-ci simultanément et en sens inverse. La longueur du trajet entre l'excitateur et le pont était d'environ 9^m,40.

» Le tube Branly est un tube de verre de 3^{cm},5 de long et de 1^{cm},4 de diamètre, rempli de vis de fer, pesant chacune 0^{gr},07 environ. L'emploi de vis de fer pour construire des tubes peu sensibles, mais réguliers, a été indiqué par M. Drude. L'une des électrodes du tube communique avec l'un des pôles d'une pile, l'autre électrode est reliée à l'une des extrémités d'une lame de cuivre de 5^{cm} de long et de 1^{cm} de large, l'autre extrémité de cette lame communique avec le second pôle de la pile. Un galvanomètre Deprez-d'Arsonval est intercalé dans le circuit. Les ondes n'agissent pas directement sur le tube Branly, mais sur la lame reliée à celui-ci; cette lame est enfermée avec le tube dans une boîte en zinc représentée sur la figure; l'une des faces de cette boîte est très près du pont et porte une fente parallèle à ce dernier; la lame de cuivre se trouve immédiatement derrière cette fente. La sensibilité du récepteur ainsi constitué peut facilement être réglée en modifiant la largeur de la fente. Le galvanomètre et la pile sont contenus eux-mêmes dans une boîte de zinc, percée seulement d'une petite ouverture pour observer les déviations du galvanomètre. Un tuyau de plomb réunit les deux boîtes et contient les fils par lesquels le tube Branly communique avec la pile et le galvanomètre.

» Lorsque les deux systèmes d'ondes arrivent en même temps au pont, ils produisent sur le récepteur des actions inverses; si la sensibilité est convenablement réglée, le galvanomètre ne dévie pas lorsqu'on fait jaillir une étincelle à l'excitateur.

» La distance entre les lignes focales des deux miroirs étant de 5^m,40 on provoque une étincelle à l'excitateur, on observe la déviation du galvanomètre, puis on ramène le tube Branly à son état primitif en frappant sur la boîte qui le contient. On fait varier la longueur de la ligne *efP* jusqu'à ce que le galvanomètre ne dévie plus lorsqu'on produit une étincelle. Les deux systèmes d'ondes mettent alors le même temps pour arriver jusqu'au pont.

» L'appareil étant ainsi réglé pour vérifier que les ondes se propagent dans l'air et le long des fils avec la même vitesse, on a rap-

proché de 4^m le miroir M' du miroir M, et l'on a ajouté 4^m de fils à la ligne *cd* qui recueille les ondes dans le miroir M'; 4^m de trajet dans l'air sont alors remplacés par une longueur égale de fils de cuivre. On trouve que les ondes qui se propagent le long de chacune des branches de l'appareil arrivent encore en même temps au pont. Des distances égales dans l'air et le long des fils sont donc parcourues dans des temps égaux.

» Dans ces expériences la longueur de la ligne *efP*, qui correspond à l'arrivée simultanée des deux systèmes d'ondes, était déterminée à moins de 2^{cm} près; la longueur parcourue d'abord dans l'air puis le long des fils étant de 4^m, l'égalité des vitesses se trouve être vérifiée à moins de $\frac{1}{200}$ près.

» On voit que l'emploi du tube Branly permet, par le procédé qui vient d'être décrit, de vérifier l'égalité des vitesses de propagation dans l'air et le long des fils avec une précision supérieure à celle que peut donner l'usage du résonateur.

» On peut remarquer que le même dispositif expérimental pourrait être employé à la détermination du rapport des vitesses de propagation dans l'air et dans un autre diélectrique. Les miroirs étant peu éloignés l'un de l'autre, on réglera la longueur de la ligne *efP* de façon que les deux systèmes d'ondes arrivent en même temps au pont P. Si l'on introduit alors une lame diélectrique d'épaisseur *l* entre les deux miroirs, il faudra allonger la ligne *efP* pour que les ondes arrivent de nouveau en même temps au pont. La quantité dont il faut allonger cette ligne est égale à $l(n - 1)$, où *n* est le rapport des vitesses de propagation dans l'air et le diélectrique, c'est-à-dire l'indice de réfraction de ce diélectrique. Le principe de cette méthode est tout à fait analogue à celui que l'on applique pour mesurer les indices optiques au moyen du réfractomètre interférentiel. »

M. le PRÉSIDENT félicite M. Gutton des résultats de ses expériences et remercie M. H. Abraham d'avoir bien voulu les exposer devant la Société.

La séance est levée à 10^h 15^m du soir.

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS.

CINQUIÈME PARTIE.

TRANSFORMATEURS-REDRESSEURS.

(Suite.)

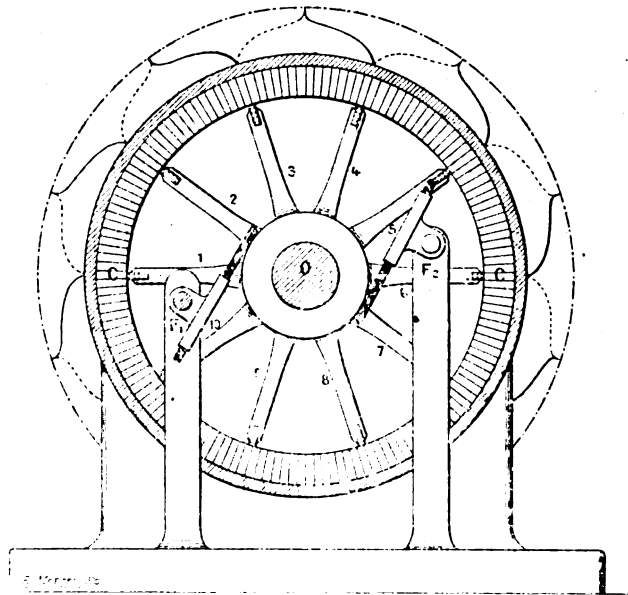
VI.

REDRESSEURS.

« M. LEBLANC. — On réduirait ces appareils à la plus grande simplicité si on laissait le collecteur fixe et faisait tourner les balais. La disposition représentée ci-contre nous paraît susceptible de fournir de bons résultats.

» Le collecteur est creux et le porte-balais tourne à son intérieur.

Fig. 73.



» Supposons que le collecteur CC comporte 10 lignes de balais distinctes (*fig. 73*).

» Le porte-balais sera constitué par deux étoiles à cinq branches encastrées l'une dans l'autre.

» L'une de ces étoiles sera formée par les branches d'ordre impair de la *fig. 73*, et l'autre par les branches d'ordre pair.

» Ces deux étoiles seront isolées l'une de l'autre, mais communiqueront individuellement avec deux bagues disposées sur l'axe O du système.

» Sur ces bagues s'appuieront deux frotteurs F₁ et F₂ par lesquelles on recueillera le courant continu fourni.

» Les extrémités des branches des deux étoiles formeront des alvéoles de section prismatique dans lesquelles on disposera des blocs de charbon qui seront projetés contre les parois du collecteur CC et maintenus appliqués contre elles par la force centrifuge qui agira comme un ressort parfait.

» Les charbons devront être cuivrés et l'on soudera à leur partie inférieure un câble souple pour les relier aux branches de l'étoile.

» Il sera facile de dimensionner le collecteur de manière que la pression exercée par les blocs contre lui ait une valeur convenable.

» Supposons, pour fixer les idées, que les blocs de charbon aient δ centimètres de hauteur, que leur vitesse tangentielle soit de 10^m par seconde, que la densité du charbon soit de 1,65 et que la pression que les blocs doivent exercer contre le collecteur soit de 250^{gr} par centimètre carré. Le rayon ρ du collecteur est donné par la formule

$$\rho = \frac{1,65 \cdot 10^6}{250 \times 981} \delta.$$

» Faisons, par exemple, $\delta = 2^{\text{cm}}$, 4, nous trouvons

$$\rho = 15,9.$$

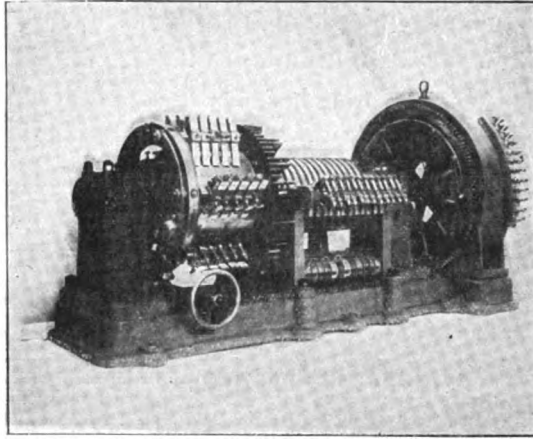
Le collecteur devrait avoir 1^m de développement, et si la fréquence des courants à redresser était 50, il devrait être accompagné de 10 lignes de balais.

» Bien que des essais préliminaires aient donné de bons résultats, ce système n'a pas été appliqué industriellement, et nous devons reconnaître que nous n'avons pas réussi à vaincre les préventions relatives à l'emploi de balais tournants.

» Jusqu'à présent nous avons laissé le collecteur mobile et les balais fixes; mais, pour cela, nous avons dû monter sur l'axe du collecteur autant de bagues et autant de frotteurs que le transformateur comportait de circuits secondaires distincts.

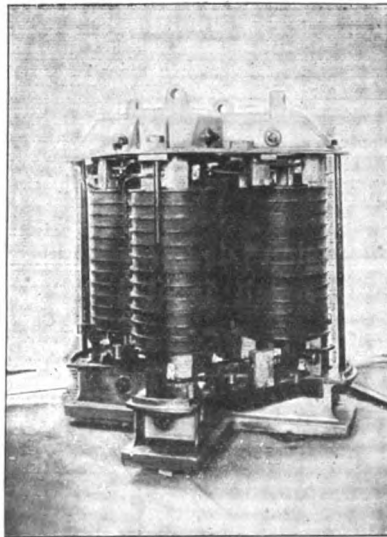
» On trouvera représenté sur la *fig. 74* un redresseur à 12 bagues

Fig. 74.



destiné à accompagner le transformateur représenté sur la *fig. 75*. Ces appareils ont déjà été reproduits à un grand nombre d'exemplaires et fonctionnent bien.

Fig. 75.



» Toutefois, il y aurait le plus grand intérêt à augmenter la division des collecteurs et à la rapprocher de celle des machines à

courant continu ordinaires. Cela deviendrait même nécessaire si les transformateurs-redresseurs devaient être desservis par un réseau ayant de la capacité. En effet, de même qu'une commutatrice dont le collecteur serait infiniment divisé, mais dans laquelle les courants alternatifs pénétreraient par $2n$ touches du collecteur, superposerait les harmoniques de rangs $(2n - 1)$ et $(2n + 1)$ à la courbe de voltage du réseau, de même un transformateur-redresseur dont le collecteur comporterait $2k$ touches, superposerait les harmoniques de rangs $(2k - 1)$ et $(2k + 1)$ à la courbe de voltage du réseau.

» Ces harmoniques peuvent donner lieu, avec la capacité du réseau, à des phénomènes de résonance et, par suite, à des élévations de voltage très dangereuses, lorsque l'on vient à redresser la majeure partie des courants fournis par les génératrices.

» C'est pourquoi la généralisation de l'emploi des commutatrices actuellement en usage ou de transformateurs-redresseurs n'ayant qu'un petit nombre de circuits secondaires nous paraît impossible sur des réseaux ayant de la capacité, c'est-à-dire constitués avec des câbles armés, surtout si ces derniers sont concentriques.

» Ces phénomènes de résonance seront d'autant moins à redouter que le nombre $2k$ sera plus élevé. Non seulement la force électromotrice de fréquence correspondante sera plus petite, mais il y aura les chances les plus sérieuses pour que sa fréquence soit trop élevée pour qu'elle puisse donner lieu à résonance.

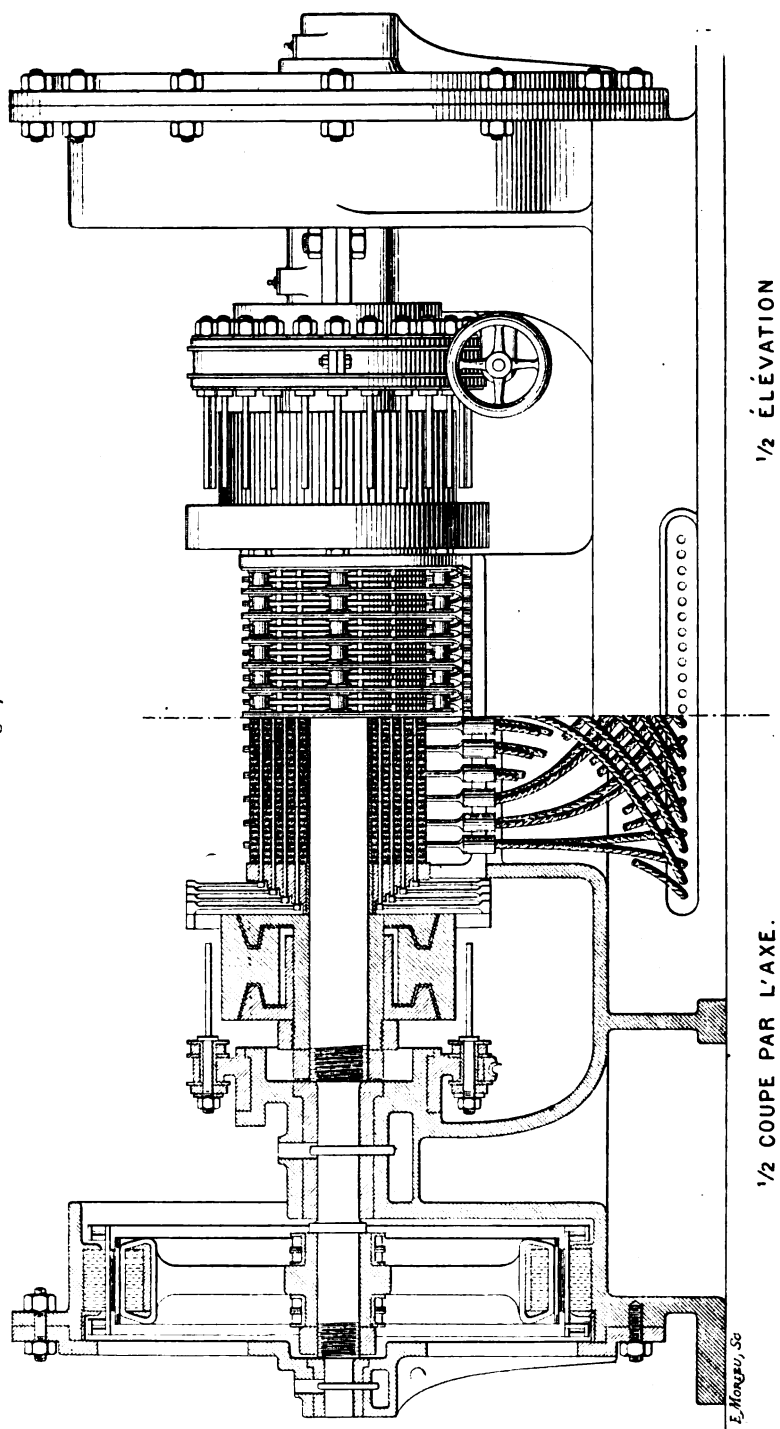
» Nous avons vu qu'il n'y avait aucune difficulté à munir d'un très grand nombre de circuits secondaires nos transformateurs. Nous allons montrer qu'il n'y a non plus aucune difficulté à augmenter proportionnellement le nombre des bagues des transformateurs si l'on continue à se refuser à l'emploi de balais tournants.

» Pour cela, nous allons décrire un appareil étudié pour redresser 1600 ampères sous 250 volts, et qui doit accompagner un transformateur muni de 48 circuits secondaires. Il est représenté sur la *fig. 76*.

» I. *Collecteurs*. — Les balais sont en charbon; la densité moyenne du courant à travers la surface de contact est de 4,5 ampères par centimètre carré, et la vitesse périphérique du collecteur est de 10^m par seconde.

» Il résulte d'essais que nous avons faits sur des transformateurs, redresseurs de 100 kilowatts que la largeur de la surface de contact

Fig. 76.



des balais avec le collecteur doit être environ égale au $1/15$ de la distance qui sépare les milieux des contacts de deux lignes de balais consécutives.

» Les blocs de charbon doivent donc avoir 7^{mm} d'épaisseur.

» Étant donné le peu de distance de deux lignes de balais consécutives et l'utilité qu'il y a, dès lors, à ce que les balais tombent toujours à la même place malgré leur usure, il convient d'employer des blocs de charbon prismatiques, maintenus normalement au collecteur par des porte-balais analogues à ceux des machines de traction de la Compagnie Thomson-Houston.

» Il passe $3,15$ ampères par chaque centimètre de longueur des blocs. Leur longueur totale doit être de $\frac{3200}{3,15} = 10^{\text{m}}, 14$.

» C'est cette grande longueur qui nous a conduits à dédoubler le collecteur, comme on le voit sur la *fig.* 76.

» Les blocs de charbon sont répartis le long de 48 lignes distinctes. La longueur totale des blocs réunis sur une même ligne est de 212^{mm} , la portion des tiges des porte-balais recouvrant le collecteur est longue de 250^{mm} .

» Les lames de chaque collecteur, au nombre de 576, ont, isolant compris, une épaisseur maxima de $4^{\text{mm}}, 16$. Elles sont reliées entre elles, de 48 en 48, par des courbes en forme de développante de cercle.

» II. *Bagues*. — Sur chaque collecteur, les sommets des développantes de cercle compris dans deux régions diamétralement opposées sont reliés de quatre en quatre à 48 bagues suivant la loi que nous allons définir.

» Numérotions $1^1, 2^1, \dots, 48^1; 1^2, 2^2, \dots, 48^2; 1^3, 2^3, 3^3, \dots, 48^3; \dots; 1^{12}, 2^{12}, 3^{12}, \dots, 48^{12}$ les 576 sommets consécutifs des courbes en développante de cercle.

» Nous prendrons comme prises de courant :

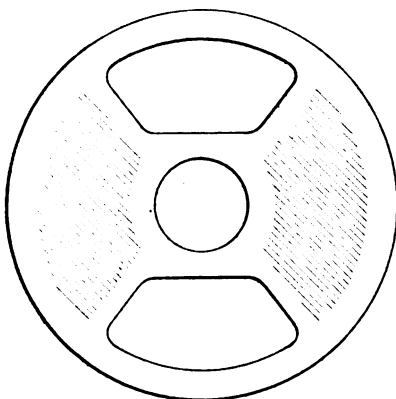
» 1° Les 48 sommets qui porteront les numéros suivants :

1^1	2^2	3^3	4^4	5^1	6^2	7^3	8^4
9^1	10^2	11^3	12^4	13^1	14^2	15^3	16^4
17^1	18^2	19^3	20^4	21^1	22^2	23^3	24^4
25^1	26^2	27^3	28^4	29^1	30^2	31^3	32^4
33^1	34^2	35^3	36^4	37^1	38^2	39^3	40^4
41^1	42^2	43^3	44^4	45^1	46^2	47^3	48^4

» 2° Les 48 sommets diamétralement opposés aux précédents.

» Dans ces conditions, les tiges de connexion qui devront traverser les 48 bagues accompagnant les collecteurs seront massées dans deux régions diamétralement opposées, telles que celles recouvertes par des hachures sur la *fig. 77*. On en profitera pour ménager de larges

Fig. 77.



évidements dans la portion non occupée de ces bagues. Cela permettra de faire affluer de l'air à l'intérieur de l'appareil.

» Les bagues sont constituées par de simples disques de cuivre maintenus écartés les uns des autres par des rondelles en carton enfilées sur les tiges qui traversent les bagues.

» Ces tiges portent un renflement à l'endroit où elles doivent se relier à l'une des bagues, comme il est représenté sur la *fig. 78*. Ce

Fig. 78.



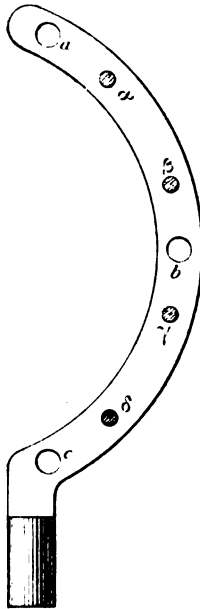
renflement porte un pas de vis qui permet de fixer la tige dans la bague. Le contact est assuré par une soudure à l'étain faite avant le montage de l'appareil.

» Ces tiges ont 11^{mm} de diamètre. A chaque bague correspondent deux tiges diamétralement opposées.

» III. *Supports des porte-balais des bagues.* — Ces supports sont constitués par des pièces en bronze en forme d'arc de cercle munies

d'une prise de courant à leur partie inférieure (*fig. 79*). Ils sont maintenus en place par des tiges d'acier traversant des trous isolés *a*, *b*, *c*; leur écartement est assuré par des rondelles en carton.

Fig. 79.



» On voit, sur la *fig. 76*, comment sont, à leur tour, soutenues ces tiges d'acier.

» Ces pièces de bronze sont accolées deux par deux, comme on le voit sur la *fig. 76*; elles sont isolées par des lames de carton.

» IV. *Porte-balais et balais*. — Les supports précédents portent un certain nombre de bossoirs, tels que α , β , γ , δ , sur lesquels on disposera des porte-balais du genre Thury, mais dont le bloc de charbon aura été remplacé par un bloc en toile métallique.

» Il résulte de l'expérience que l'on peut faire passer dans un semblable contact, d'une manière continue et sans l'échauffement sensible, 30 ampères par centimètre carré.

» Dans l'appareil représenté sur la *fig. 76*, le courant qui pénétrera dans une bague sera de 1600 ampères pendant $\frac{1}{21}$ du temps, ce qui correspond, comme échauffement, au passage continu d'un courant de $\frac{1400}{\sqrt{24}} = 326$ ampères.

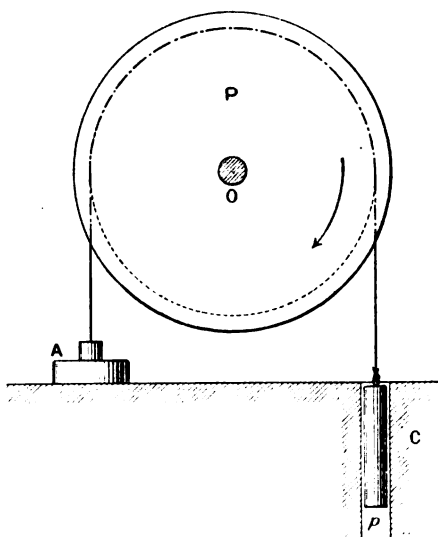
» La surface totale de contact des balais appuyés sur chaque bague devra donc être de 11^{cm} , soit pour chaque frotteur, s'il y en a quatre, de 2^{cm} , 8.

» Ce système de bagues et de frotteurs se retrouve dans les commutatrices construites par M. Allioth.

» Il y aurait avantage à mieux utiliser la surface des bagues en faisant recouvrir un plus grand arc par les balais : cela permettrait de diminuer leur largeur et leur encombrement.

» Dans ce but, nous nous sommes proposé de réaliser le système de contact mobile suivant, qui sera prochainement appliqué : chaque bague constitue une poulie à gorge P autour de laquelle est enroulé un câble très souple en cuivre, mais tressé (*fig. 80*).

Fig. 80.



» Ce câble est relié, d'un côté, à une borne fixe A, qui sert à lui amener le courant, et, de l'autre, à un poids p susceptible de glisser dans un tube isolé C.

» Supposons que le câble contourne la moitié de la circonférence de la poulie, comme il est représenté sur la *fig. 80*, et qu'il frotte à sec. Le coefficient de frottement est égal alors à 0,16.

» La tension F du câble au point A est alors égale à

$$F = pe^{\pi \times 0,16} = 1,65p.$$

» La pression normale exercée par le câble sur la poulie variera dans la même proportion, soit de 30 pour 100 au-dessus ou au-dessous de sa valeur moyenne. Il n'y a aucun inconvénient à ce que cette pression varie dans cette mesure.

» Il suffira donc de déterminer le poids p , de manière que la pression moyenne du câble sur la poulie soit égale à celle que l'on ferait exercer sur une bague cylindrique par un balai métallique ayant la même surface de contact, et la perte de travail due aux frottements n'en sera pas plus grande.

» De cette manière, nous avons des frotteurs se comportant comme des balais en toile métallique et recouvrant la moitié de la surface de leurs bagues. Cela nous permet de réduire beaucoup l'épaisseur de ces dernières, et la simplicité des frotteurs fait que leur multiplication ne présente plus aucun inconvénient.

» V. *Moteurs*. — Les moteurs du redresseur de la *fig.* 76 sont analogues à ceux représentés sur la *fig.* 74.

VII.

SYSTÈME DE TRANSPORT DE FORCE APPLIQUÉ PAR LE CHEMIN DE FER DU NORD.

« La Compagnie des Chemins de fer du Nord, ayant un grand nombre d'usines destinées à l'éclairage électrique et à la manutention de ses gares principales, s'est proposé de desservir les gares secondaires situées dans leurs environs, en demandant aux usines déjà existantes de fournir le supplément d'énergie nécessaire.

» M. Albert Sartiaux ⁽¹⁾ a bien voulu nous charger de réaliser un système convenable, de concert avec la *Société anonyme pour la transmission de la force par l'Électricité*.

Étant donné le degré de sécurité que doit comporter l'exploitation d'un réseau de chemins de fer, il est nécessaire de se servir de courants continus afin de pouvoir faire suppléer, en cas de besoin, l'usine génératrice par des batteries d'accumulateurs.

» D'autre part, l'intermittence du fonctionnement des appareils

⁽¹⁾ Voir l'article publié à ce sujet par M. Sartiaux dans la *Revue des Chemins de fer*.

de manutention tels que cabestans, grues, etc., rendrait indispensable à elle seule l'emploi des accumulateurs.

» Le problème se trouvait donc ramené à celui-ci : prendre du courant continu, au tableau d'une usine, à une tension comprise entre 120 et 170 volts et fournir du courant continu de même voltage au tableau d'un poste secondaire, toujours situé à un assez grand nombre de kilomètres de l'usine, tout en ne perdant que peu d'énergie en route et en ne constituant les lignes intermédiaires qu'au moyen de conducteurs de très faible section.

» Nous avons pensé à accoupler entre eux deux transformateurs-redresseurs, dont l'un serait installé dans l'usine principale et transformerait en courants alternatifs polyphasés à haute tension le courant continu qu'il prendrait à son tableau. L'autre, installé au poste récepteur, effectuerait la transformation inverse.

» Mais il était nécessaire de rechercher, d'abord, dans quelles conditions un transformateur-redresseur pourrait être rendu réversible. Nous allons résumer brièvement cette étude.

» *Production des courants déwattés.* — Considérons un des circuits à basse tension d'un transformateur-redresseur : il sera parcouru par un courant alternatif que l'on pourra considérer lui-même comme la somme de deux courants : 1° un courant watté, 2° un courant déwatté.

» Par définition, le courant watté s'annulera en même temps que la force électromotrice développée dans le circuit. Le courant déwatté, au contraire, aura une intensité maximum lorsque cette force électromotrice sera nulle.

» Or les circuits à basse tension du transformateur seront branchés entre deux touches consécutives d'un collecteur, et la force électromotrice qui agira sur lui sera égale, à chaque instant, à la différence de potentiels maintenue entre ces deux touches. Celle-ci s'annulera lorsque les deux touches considérées seront mises en court-circuit par les balais.

» Pour qu'il n'y ait pas d'étincelles, il faut que le courant dans le circuit s'annule en même temps ; il faut donc qu'il soit complètement watté.

» D'où cette conclusion :

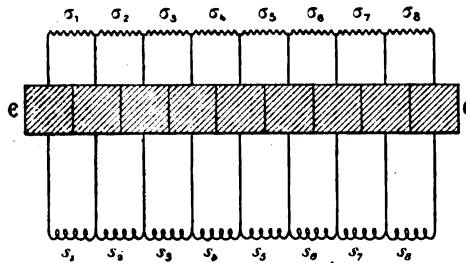
» Les courants fournis ou pris par un collecteur aux divers cir-

cuits branchés entre ses touches doivent être complètement wattés par rapport aux différences de potentiels développées entre ces touches.

» Mais, si les circuits branchés entre les touches d'un collecteur doivent recouvrir les noyaux d'un transformateur où ils devront engendrer des flux, comme il arrivera si l'on veut se servir d'un transformateur-redresseur pour transformer un courant continu en courants alternatifs, ils seront nécessairement parcourus par des courants déwattés. Il faut faire en sorte que ceux-ci n'aient pas à subir de commutation. Nous y parviendrons de la manière suivante (*fig. 81*).

» Soient cc un collecteur développé et $s_1, s_2, \dots$ les circuits à

Fig. 81.



basse tension du transformateur-redresseur branchés entre ses touches consécutives.

» Nous brancherons, entre les mêmes touches, d'autres circuits $\sigma_1, \sigma_2, \dots$ qui seront les circuits d'armature d'un moteur synchrone à courants polyphasés.

» En réglant convenablement l'excitation de ce dernier, nous pourrons faire en sorte que les courants déwattés qu'ils fourniront soient précisément égaux et de signes contraires à ceux débités par les circuits $s_1, s_2, \dots$. Dans ces conditions, ces courants déwattés se fermeront toujours sur eux-mêmes sans avoir à passer par les balais. Leur existence n'intéressera plus la commutation.

» D'où cette conclusion :

» Tout transformateur-redresseur destiné à transformer un courant continu en courants alternatifs devra être accompagné d'un moteur synchrone capable de fournir à ses circuits à basse tension tous les courants déwattés dont ils devront être le siège.

» *Stabilité de la marche du système.* — On sera naturellement conduit à demander au moteur qui devra fournir les courants déwattés d'assurer en même temps la rotation du collecteur et des balais. Ce dernier pourra être assimilé à une véritable commutatrice, prenant au courant continu l'énergie nécessaire pour entretenir son mouvement et fournissant des courants déwattés aux circuits du transformateur branchés sur les siens.

» Dans ces conditions, sa vitesse de rotation sera fonction de l'intensité des courants déwattés qu'il fournira. En effet, ceux-ci, en traversant son armature, diminueront son champ. Plus ils augmenteront, plus le moteur, qui fonctionne en même temps comme un moteur à courant continu sous voltage constant, tournera vite.

» Pour que le moteur prenne une vitesse constante, il faut que l'intensité des courants déwattés qu'il doit fournir aille en diminuant avec sa vitesse et réciproquement. Alors à tout accroissement de vitesse correspondra un accroissement de champ du moteur, et le moteur se ralentira.

» Dans le cas contraire, à tout accroissement de vitesse correspondrait une diminution du champ, et le moteur continuerait à s'accélérer jusqu'à une certaine limite, comme le ferait un moteur à courant continu fonctionnant sous voltage constant dont on diminuerait graduellement le champ. Une cause de ralentissement amènerait au contraire une augmentation de champ, et le moteur continuerait à se ralentir jusqu'à ce que ses circuits magnétiques deviennent saturés. La marche du moteur ne saurait donc être stable, et sa vitesse oscillerait constamment entre certaines limites.

» Nous avons constaté plusieurs fois la manifestation de ce phénomène, qui rend le fonctionnement des appareils impossible.

» Nous allons voir que, en général, l'intensité des courants déwattés que devra fournir le moteur du transformateur-redresseur diminuera avec sa vitesse tant que le débit utile de l'appareil sera inférieur à une certaine limite, et qu'une fois celle-ci dépassée cette intensité ira en augmentant avec la vitesse.

» Considérons un des circuits à basse tension du transformateur ; il aura une résistance R , un coefficient de self-induction L , et un coefficient d'induction mutuelle μ avec un circuit primaire ayant une résistance ρ et un coefficient de self-induction λ .

» La résistance ρ variera et ce seront ses variations qui entraîneront celles du débit de l'appareil.

» Désignons par r et l la résistance et le coefficient de self-induction apparents du circuit secondaire considéré et désignons par $h = H \sin 2\pi\alpha t$ la différence de potentiels maintenue entre les deux touches du collecteur entre lesquelles il est branché. La quantité H ne dépendra que du voltage du courant continu que l'on veut transformer et nous la supposons constante. La fréquence α sera proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur.

» Nous appellerons $I = -a \sin 2\pi\alpha t$ et $J = b \cos 2\pi\alpha t$ les intensités des courants watté et déwatté, par rapport à la force électromotrice h , qui devront traverser le circuit considéré.

» Nous savons que l'on a

$$\begin{aligned} r &= R + 4\pi^2\alpha^2\mu^2 \frac{\rho}{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}, \\ l &= L - 4\pi^2\alpha^2\mu^2 \frac{\lambda}{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}, \\ a &= \frac{rH}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}, \quad b = \frac{2\pi\alpha lH}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}. \end{aligned}$$

» On pourra, sans erreur sensible, considérer la résistance R comme négligeable, car ce n'est qu'une résistance ohmique. Il vient alors, en posant $\lambda - \frac{\mu^2}{L} = \Lambda$:

$$a = \frac{H(\lambda - \Lambda)\rho}{L(\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\Lambda^2)}, \quad b = \frac{H}{2\pi\alpha L} \frac{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda\Lambda}{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\Lambda^2}.$$

» On peut écrire

$$b = H \left[\frac{1}{2\pi\alpha L} + 2\pi\alpha \frac{\Lambda}{L} \frac{(\lambda - \Lambda)}{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\Lambda^2} \right]$$

ou

$$b = \frac{H}{2\pi\alpha L} + \frac{2\pi\alpha\Lambda}{\rho} a.$$

» Ainsi l'expression de l'intensité du courant déwatté se compose de deux termes :

» Le premier est proportionnel au voltage et inversement proportionnel à la fréquence.

» Le second est proportionnel à la fréquence, au coefficient Λ représentant les fuites magnétiques du circuit au débit en courants

wattés et inversement proportionnel à la résistance effective de ce circuit.

» Lorsque l'intensité a augmentera, c'est que la résistance ρ aura diminué. Donc le rapport $\frac{a}{\rho}$ croîtra plus rapidement que l'intensité a .

» Il en résulte que, dès que le débit utile en courants wattés de l'appareil aura pris une certaine valeur, l'influence du second terme de l'expression de l'intensité b l'emportera sur celle du premier, et cette intensité qui, pour les petits débits en courants wattés, allait en diminuant lorsque la fréquence augmentait, ira au contraire alors en augmentant.

» Nous arrivons ainsi à cette conclusion :

» Pour que le fonctionnement d'un transformateur-redresseur soit stable, il faut que son débit soit inférieur à une certaine limite, qui sera d'autant plus élevée que le coefficient de self-induction Λ sera plus petit et que, par suite, les fuites magnétiques des transformateurs seront plus réduites.

» On pourra aussi reculer cette limite en diminuant la fréquence α , qui est arbitraire dans le cas qui nous occupe, ou en diminuant le coefficient de self-induction L .

» On arrivera à ce dernier résultat : 1° en réduisant autant que possible le poids de cuivre de l'appareil, ce qui diminuera aussi bien le coefficient Λ que le coefficient L ; 2° en coupant par un entrefer les circuits magnétiques des transformateurs. En opérant ainsi, on réduira le coefficient L mais non le coefficient Λ qui ne dépend que des fuites magnétiques des transformateurs.

» En tenant compte des règles précédentes, nous sommes parvenu à faire des appareils de 100 kilowatts dont le fonctionnement est parfaitement stable. Il n'y a aucune étincelle sur leurs collecteurs, le calage de leurs balais est invariable, et l'on peut impunément les charger ou décharger brusquement et complètement en manœuvrant un interrupteur. Aucun de leurs organes ne s'est échauffé sensiblement après une marche en pleine charge de dix heures consécutives. Enfin le rendement total du système, ligne comprise, c'est-à-dire le rapport de l'énergie débitée par l'appareil d'arrivée à l'énergie fournie par l'appareil de départ, lorsqu'ils sont

dans le voisinage l'un de l'autre, est de 85 pour 100 lorsque le système fonctionne aux $\frac{2}{3}$ de sa charge normale.

» Voici d'ailleurs les nombres observés.

» Les appareils de départ et d'arrivée sont situés l'un à côté de l'autre. La ligne à haute tension a une résistance négligeable.

» On se sert des mêmes instruments, ampèremètre et voltmètre, pour mesurer les intensités et les voltages, au départ et à l'arrivée.

Notations.

E voltage de l'appareil de départ;

E' voltage de l'appareil d'arrivée;

I intensité du courant absorbé par l'appareil de départ;

I' intensité du courant fourni par l'appareil d'arrivée;

i intensité du courant d'excitation du moteur de l'appareil de départ;

i' intensité du courant d'excitation du moteur de l'appareil d'arrivée;

α fréquence des courants alternatifs transmis;

$\rho = \frac{E'(I - i')}{E(I + i)}$ rendement du système.

Nombres observés.

E.	I.	i.	α .	E'.	I'.	i'.	$E(I + i)$.	$E'(I' + i')$.	$\rho = \frac{E'(I - i')}{E(I + i)}$.
123	75	6,2	16	134,5	0	6,2	10	0	0
121	305	6,2	15,6	129	230	6,2	37,65	28,9	0,767
122	345	6,2	16	129,5	260	6,2	42,8	32,9	0,768
122,5	415	6,3	16	128,5	335	6,3	51,7	42,4	0,820
121	470	6,4	15,6	125,8	385	6,4	57,75	47,7	0,826
122	525	6,4	15,6	126,5	430	6,4	65	53,7	0,826
123,5	560	6,5	16	128	470	6,5	70	59,4	0,849
123	687	6,5	15,6	125,2	585	6,5	85,5	72,5	0,849
123,5	72	4,5	18,8	135,5	0	4,5	9,45	0	0
123	200	4,5	18	133	125	4,5	29,2	16,05	0,637
122,5	320	4,5	18	130	245	4,5	39,8	31,3	0,786
122	435	4,5	18	127	350	4,5	53,5	43,9	0,821
120,5	510	4,5	18	125	415	4,5	62	51,4	0,829
120,5	510	4,5	17,6	125	425	4,5	63,2	53,1	0,840
122	655	4,5	17,6	124	550	4,5	80,5	67,6	0,843
120,5	655	4,5	17,6	123	555	4,5	79,5	67,9	0,855
123	70	4	19,6	133	0	4	9,12	0	0
121	300	4	19,2	129	230	4	36,8	29,2	0,795
120,5	500	4	19,2	125	410	4	60,8	50,8	0,836
121	448	4	19,0	126,5	360	4	54,7	45,1	0,825
121	515	4	18,8	125	420	4	62,9	52	0,829
122,5	633	4	18,8	124	540	4	78,2	66,5	0,852

» Les bobines de haute tension de l'appareil d'arrivée avaient 10 pour 100 de moins de spires que celles de l'appareil de départ.

» Le voltage simple des courants alternatifs fournis est de 6000 volts, ce qui rend insignifiante, dans tous les cas de la pratique, la perte en ligne.

» Un assez grand nombre d'installations ont été faites avec des transformateurs-redresseurs par la Compagnie du Nord et la *Société d'éclairage et de force par l'Électricité*, à Paris. M. Aliamet, inspecteur du service électrique du Chemin de fer du Nord, ayant bien voulu se charger de les décrire et personne ne pouvant mieux le faire, c'est avec le plus grand plaisir que nous nous sommes déchargé sur lui de ce soin. Nous prions donc le lecteur de se reporter à sa Communication.

CONCLUSION.

» Nous espérons avoir démontré, dans l'étude précédente, qu'il est possible de combattre les effets de la self-induction dans les installations où l'on emploie les courants alternatifs comme agents de transport et de distribution d'énergie, sans faire aucun sacrifice de matériel ou de rendement.

» En effet, nous avons vu que :

» 1° L'on peut faire des alternateurs à grande réaction d'induit qui comme tout le monde le sait, sont beaucoup plus économiques que les autres, développant toujours un voltage constant, sans qu'aucun réglage ait à intervenir;

» 2° Il est possible de faire des moteurs asynchrones ayant des entrefers aussi grands que les moteurs synchrones, pouvant dès lors acquérir, comme ces derniers, les plus grandes dimensions, et ayant un $\cos \varphi$ moyen égal à 1.

» Nous avons vu également que l'on peut employer, dans tous les cas, des machines asynchrones comme génératrices, et qu'elles sont susceptibles d'être accouplées entre elles comme des machines à courant continu, en parallèle ou en série.

» Nous avons vu enfin que l'on peut redresser les courants alternatifs très facilement, dans d'excellentes conditions de rendement, et se procurer ainsi les courants continus nécessaires pour charger

des accumulateurs, faire de l'électrolyse ou alimenter les moteurs dont la vitesse doit varier dans de fortes proportions.

» Ces résultats pouvant tous être obtenus sans que les courants alternatifs aient perdu aucun de leurs avantages propres, il n'y aurait plus de raison de ne pas les adopter exclusivement toutes les fois que l'on aurait à transporter de l'énergie à grande distance, si leur emploi ne pouvait donner naissance à d'autres phénomènes que nous avons simplement signalés au début de cette étude et qui sont dus à la capacité des réseaux.

» Ces phénomènes peuvent rendre très difficile l'isolation des conducteurs.

» Il est heureusement facile de les prévoir et de rendre leur manifestation impossible. Nous nous proposons de montrer comment, dans une autre étude qui sera consacrée aux phénomènes de capacité, comme celle-ci l'a été principalement aux phénomènes de self-induction.

» Si nous ne nous sommes pas trompé, l'emploi exclusif des courants alternatifs, dans toutes les installations de transport d'énergie à grande distance, s'imposerait désormais. »

ANNEXE I.

Note sur le dimensionnement des transformateurs-redresseurs pour courants alternatifs monophasés.

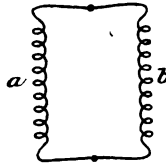
COMPLÉMENT THÉORIQUE.

» 1. FLUX DÉVELOPPÉS DANS LES DEUX ANNEAUX ET COMMENT IL CONVIENT DE LES ENGENDRER. — Dans un appareil bien dimensionné, l'on doit pouvoir considérer comme négligeable l'influence de la résistance des divers circuits qui le composent.

» Dans ces conditions, si l'on considère deux circuits a et b montés en opposition (*fig. 82*), si l'un d'eux est le siège d'une variation de flux, l'autre sera le siège d'une variation de flux égale et de signe contraire. En effet, la moindre différence entre les intensités des flux développés au travers

de ces deux circuits déterminerait la production d'un courant *déwatté* très intense dont le passage aurait pour effet d'affaiblir le flux le plus fort pour renforcer le plus faible.

Fig. 82.



» L'appareil dont nous nous occupons comporte deux anneaux recouverts chacun d'un même nombre de circuits distincts, et les circuits des deux anneaux sont mis en opposition deux à deux.

» Il en résulte que ces deux anneaux seront nécessairement le siège de flux de même intensité et qui couperont de la même manière les circuits correspondants des deux anneaux. Ce résultat sera obtenu grâce à la production naturelle de courants *déwattés* qui se fermeront en passant de chacun des circuits de l'un des anneaux dans celui de l'autre anneau qui est monté en opposition avec lui.

» Pour fixer les idées, nous appellerons désormais *anneau A* celui qui est soumis à l'action d'un inducteur de moteur asynchrone à courant alternatif; *anneau B* celui qui est soumis à l'action d'un inducteur de machine à courant continu.

» Nous supposerons que ces anneaux n'aient que deux pôles.

» Si l'on veut que le $\cos \varphi$ de l'appareil soit égal à 1, condition qui nous paraît indispensable, il faut et il suffit que l'inducteur qui agit sur l'anneau A n'ait à développer aucune force magnétisante.

» L'action de l'inducteur qui agit sur l'anneau B devra donc suffire à engendrer les flux voulus dans les deux anneaux. Les courants *déwattés* qui circuleront alors dans les circuits des anneaux A et B produiront la force magnétisante voulue dans l'anneau A et, dans l'anneau B, une force démagnétisante égale et de signe contraire que devra surmonter l'inducteur de cet anneau.

» On aura intérêt à rendre aussi grande que possible la perméabilité des circuits magnétiques de l'anneau A pour diminuer l'intensité de ces courants *déwattés*.

» On ne pourra faire de même pour les circuits magnétiques de l'anneau B, à cause des phénomènes de commutation.

» On aura aussi intérêt à ce que tous les circuits de l'anneau B concourent à la production du flux dont il doit être le siège, de manière que les ampères-tours nécessaires se développent à travers la plus forte section de cuivre possible.

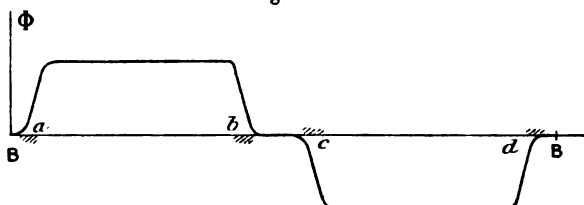
» Or supposons que l'anneau B soit soumis à l'action d'un inducteur

ordinaire de machine à courant continu tel que l'intensité du flux soit sensiblement constante sous les épanouissements polaires et décroisse très rapidement de part et d'autre de ces épanouissements pour demeurer sensiblement nulle aux environs de la ligne neutre. Sur la *fig. 83* nous avons représenté l'anneau B en développement et avons pris ce développement pour ligne des abscisses en portant en ordonnées les intensités du flux le long des divers points de l'anneau.

» Le flux développé dans l'anneau A reproduisant le premier pourra être représenté par la même courbe, en changeant le signe des ordonnées.

» Il suffit d'examiner la figure pour voir que les ampères-tours qui produiront ce flux devront être entièrement développés par les circuits de l'anneau A qui seront mis en opposition avec ceux de l'anneau B situés dans les régions *a, b, c, d* de cet anneau et marquées par des hachures sur la *fig. 83*.

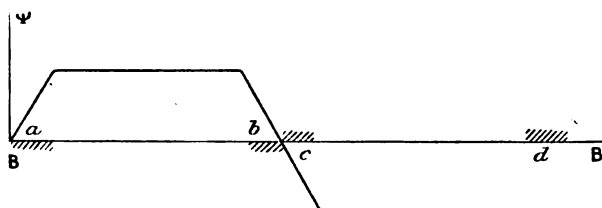
Fig. 83.



» Ces régions étant très peu étendues, le passage des courants déwattés nécessaires déterminera un fort dégagement de chaleur.

» Ces courants utiliseraient pour leur passage tous les circuits de l'anneau B compris entre les épanouissements polaires de l'anneau B et les circuits correspondants de l'anneau A si la loi des variations de l'intensité du flux, le long de l'anneau B, était représentée par la ligne de la *fig. 84*.

Fig. 84.

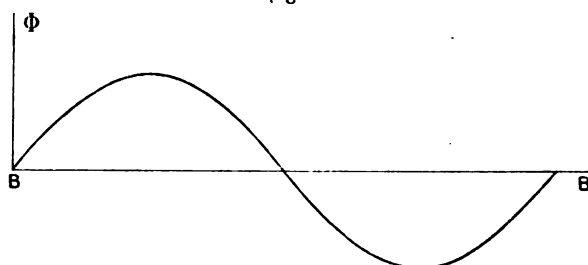


» Mais si nous cherchons suivant quelle loi doit varier l'intensité le long de l'anneau B pour que, toutes choses égales d'ailleurs, la dépense d'énergie occasionnée par le passage des courants déwattés soit minima, nous trouvons que c'est une loi sinusoïdale telle que celle représentée par la courbe de la *fig. 85*.

» Nous obtiendrons ce résultat facilement en ne saturant ni le noyau B ni ses dents, si c'est un anneau Paccinotti, et en faisant varier suivant une

loi convenable l'épaisseur de l'entrefer sous les épanouissements polaires qui l'entoureront.

Fig. 85.



» 2. DISPOSITIONS DES CIRCUITS INDUCTEURS DE L'ANNEAU A. — Du moment que l'anneau A engendre un flux dont l'intensité varie, à chaque instant, suivant une loi sinusoïdale en fonction du chemin parcouru le long de sa surface, la force électromotrice développée dans les circuits inducteurs de l'anneau A variera toujours suivant une loi sinusoïdale. Mais cette condition que nous considérons comme nécessaire n'est pas suffisante.

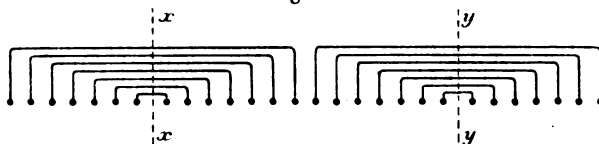
» En effet, pour que les circuits inducteurs de l'anneau A n'engendrent aucun flux, ce qui devra arriver si le $\cos \varphi$ de l'appareil est égal à 1, il faut que les circuits de l'anneau A développent le long de tout plan passant par l'axe un nombre d'ampères-tours égal et de signe contraire à celui développé par l'anneau inducteur.

» A égalité de nombre d'ampères-tours développés par les circuits inducteurs, la quantité de chaleur dégagée dans l'anneau A sera d'autant plus petite que les ampères-tours de signe contraire développés à sa surface se développeront à travers un plus grand nombre de ses circuits.

» On aurait intérêt, à ce point de vue, à étaler uniformément à la surface de l'inducteur les conducteurs de ses circuits, comme s'il s'agissait d'une machine à courant continu.

» Mais, si l'on opérait ainsi avec des appareils à courant monophasé en réalisant, par exemple, l'enroulement représenté schématiquement sur la fig. 86, les circuits disposés dans le voisinage des régions xx et yy n'en-

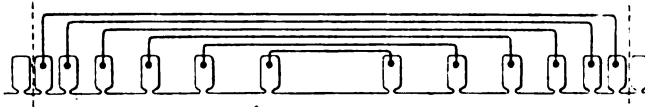
Fig. 86.



velopperaient qu'un très petit flux et la force électromotrice développée par unité de longueur de leur conducteur serait faible. Les circuits de l'anneau A seraient aussi bien utilisés que possible, mais les circuits inducteurs de cet anneau le seraient médiocrement.

» On trouvera encore le juste milieu en substituant à cet enroulement un enroulement sinusoïdal. La manière la plus simple de le réaliser consistera à faire toutes semblables les encoches de l'inducteur et à y faire passer le même nombre de spires, mais à faire varier leur écartement, comme il est représenté sur la *fig. 87*.

Fig. 87.



» On devra s'efforcer de multiplier beaucoup le nombre des encoches en diminuant leurs dimensions, tout en tenant compte de l'épaisseur des isolants qui garniront leurs parois et qui dépendra, non de la section de ces encoches, mais du voltage que devront supporter les circuits inducteurs.

» 3. *Répartition des courants entre les circuits de deux anneaux.* — Les circuits de l'anneau A et ceux de l'anneau B sont montés en parallèle sur les touches d'un même collecteur.

» Si un courant continu d'intensité $2I$ passe d'une ligne de balais du collecteur à l'autre, il se partage d'abord en deux branches égales passant, l'une dans la partie supérieure de l'anneau et l'autre dans la partie inférieure. Chacune de ces branches d'intensité I peut se bifurquer elle-même, entre deux quelconques des circuits groupés en parallèle, en deux courants : l'un d'intensité i autour de l'anneau A, l'autre d'intensité j autour de l'anneau B.

» On a nécessairement $i + j = I$.

» Les courants d'intensité i se composent de courants wattés et de courants déwattés.

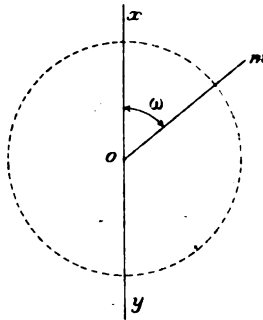
» Par définition, les courants wattés déterminent à chaque instant, à la surface de l'anneau A, une nappe de courants qui produit, en tous les points de l'espace, une force magnétisante égale et de signe contraire à celle développée par l'inducteur de machine asynchrone qui entoure l'anneau A.

» Par définition aussi, les courants déwattés déterminent, à chaque instant, à la surface de l'anneau A, une nappe de courants dont la force magnétisante doit être capable d'engendrer un flux, tel que sa rotation développe dans l'inducteur de l'anneau A une force électromotrice égale et de signe contraire à celle maintenue par le réseau entre les extrémités de son circuit.

» *Courants wattés compris dans les courants d'intensité i .* — Soit N le nombre de spires de chacune des deux bobines de l'inducteur de l'anneau A. Désignons par xy un diamètre dirigé suivant la ligne des pôles

(fig. 88). Le nombre de spires situées en un point m de l'inducteur, tel

Fig. 88.



que le rayon Om fasse un angle ω avec le diamètre xy , est donné par l'expression

$$dN = \frac{N}{2} \sin \omega d\omega.$$

Si l'intensité x du courant qui traverse l'inducteur a pour expression

$$x = a \sin 2\pi \alpha t,$$

le nombre d'ampères-tours développés par l'inducteur au point considéré est

$$\frac{N}{2} a \sin 2\pi \alpha t \sin \omega d\omega.$$

» Désignons par $2N'$ le nombre de spires de l'anneau A. Le nombre de ses spires compris dans un angle $d\omega$ est égal à $\frac{N}{\pi} d\omega$.

» Supposons que le rayon Om tourne dans l'espace avec une vitesse α , et que l'anneau A tourne dans le même sens que lui avec la vitesse $\frac{\alpha}{2}$. Posons $\omega = 2\pi(\alpha t + \varphi)$.

» Le nombre d'ampères-tours de l'inducteur développés le long de ce rayon est égal à

$$\begin{aligned} & \frac{N}{2} a \sin 2\pi \alpha t \sin 2\pi(\alpha t + \varphi) d\omega \\ &= \frac{N}{4} a [\cos 2\pi \varphi - \cos 2\pi(2\alpha t + \varphi)] d\omega. \end{aligned}$$

» Nous savons que les courants développés dans l'anneau A au point où il est rencontré par le rayon Om ont une intensité de la forme

$$z = b \cos 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) - b \cos 2\pi \left(\frac{3\alpha}{2} t + \frac{\omega}{2\pi} \right).$$

» Le nombre d'ampères-tours développés par l'anneau A le long du rayon Om est égal à

$$\frac{N^2}{\pi} b \left[\cos 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) - b \cos 2\pi \left(\frac{3}{2} \alpha t + \frac{\omega}{2\pi} \right) \right] d\omega.$$

Mais le rayon Om se déplace avec la vitesse $\frac{\alpha}{2}$ par rapport à l'anneau A.

» Nous pouvons donc poser $\omega = 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t + \varphi \right)$.

» L'expression ci-dessus devient

$$\frac{N'}{\pi} b [\cos 2\pi \varphi - \cos 2\pi (2\alpha t + \varphi)] d\omega;$$

d'où l'on tire la relation

$$\frac{N'}{\pi} b = -\frac{N}{4} a;$$

d'où

$$b = -\frac{\pi}{4} \frac{N}{N'} a.$$

Nous devons maintenant déterminer la valeur de l'intensité b en fonction de l'intensité I .

» Les couples développés sur les anneaux A et B devront avoir des valeurs moyennes égales et de signes contraires.

» Si nous supposons qu'un champ tournant soit développé dans l'anneau A et tourne par rapport à lui avec la vitesse $\frac{\alpha}{2}$, l'intensité du flux dans la région où l'intensité sera égale à z aura une expression de la forme

$$F = f \cos 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right).$$

» A un moment quelconque t , l'effort tangentiel développé à la surface de l'anneau sera égal à

$$\int_0^{2\pi} F z d\omega,$$

$$\int_0^{2\pi} F z d\omega = f b \{ \pi [1 - \cos 2\pi (2\alpha) t] + 2 \sin 2\pi \alpha t \} d\omega.$$

» La valeur moyenne de cet effort tangentiel est égale à

$$\pi f b.$$

» Chaque circuit de l'anneau B est nécessairement traversé par un flux égal et de signe contraire à celui qui traverse le circuit de l'anneau A monté en parallèle avec lui.

» Le circuit de l'anneau B monté en parallèle avec celui de l'anneau A

parcouru par un courant d'intensité z est parcouru lui-même par un courant d'intensité $I - z$ lorsqu'il passe, par exemple, sous le pôle de l'inducteur de l'anneau B et par un courant d'intensité $-I - z$, lorsqu'il passe sous le pôle — de cet inducteur.

» D'un autre côté, ces deux circuits coupent à chaque instant des flux de même intensité.

» Nous savons que les courants de fréquence $\frac{\alpha}{2}$ dont l'intensité est comprise dans l'expression z engendreront un flux fixe dans l'espace autour de l'anneau B et les courants de fréquence $\frac{3}{2}\alpha$ un flux qui tournera dans l'espace avec la vitesse 2α .

» Si le $\cos \varphi$ de l'appareil est égal à 1, le premier flux est forcément dirigé suivant la ligne des balais de l'anneau B.

» En effet, dans l'anneau A le flux engendré par les courants wattés de fréquence $\frac{\alpha}{2}$ sera toujours perpendiculaire à celui produit par les courants dévattés de même fréquence. Or ceux-ci, en se rendant dans l'anneau B, engendrent un flux dirigé suivant la ligne des pôles de l'inducteur de cet anneau, c'est-à-dire normalement à la ligne des pôles.

» Il résulte de ce qui précède que si, dans l'anneau B, nous comptons les angles ω à partir de la ligne des balais, l'intensité qui passera en un point m , situé sur un rayon faisant un angle ω avec la ligne des balais, sera égale à

$$I - b \sin \omega + b \cos 2\pi(2\alpha)t.$$

» L'intensité du flux en ce point m sera égale à

$$-f \sin \omega.$$

» L'effort tangentiel développé sur l'anneau B sera donc égal à

$$-2 \int_0^\pi f(1 - b \sin \omega) \sin \omega = -2f \left(21 - \frac{\pi}{2} b \right).$$

» Cet effort devant être égal et de signe contraire à celui développé sur l'anneau A, on en tire

$$\pi b = 2I.$$

» *Courants dévattés compris dans les courants d'intensité i .* — Puisque, par hypothèse, le $\cos \varphi$ de l'appareil doit être égal à 1, ces courants devront suffire à développer dans l'anneau A le flux capable de développer, par sa rotation dans le circuit inducteur qui l'entoure, une force électromotrice égale et de signe contraire au voltage du réseau.

» Si nous considérons le circuit de l'anneau A où passe un courant d'intensité

$$z = b \cos 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) - b \cos 2\pi \left(\frac{3}{2} \alpha t + \frac{\omega}{2\pi} \right),$$

il sera aussi parcouru par un courant déwatté dont l'intensité aura une expression de la forme

$$W = -c \sin 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right).$$

La force magnétisante maxima développée par le passage des courants déwattés dans l'anneau A sera égale à

$$-4\pi \frac{N'c}{\pi} \int_0^\pi \sin 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) d\omega = 4\pi \frac{2N'c}{\pi}.$$

» On en déduira la valeur de la constante c , connaissant la valeur maxima du flux et la perméabilité du circuit magnétique le long duquel il doit se développer.

» *Intensité i .* — Nous avons

$$i = z + W,$$

$$i = b \cos 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) - b \cos 2\pi \left(\frac{3}{2} \alpha t + \frac{\omega}{2\pi} \right) - c \sin 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right)$$

ou

$$i = \frac{2}{\pi} \mathbf{I} \left[\cos 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) - \cos 2\pi \left(\frac{3}{2} \alpha t + \frac{\omega}{2\pi} \right) - c \sin 2\pi \left(\frac{\alpha}{2} t - \frac{\omega}{2\pi} \right) \right].$$

» L'intensité efficace correspondante a pour expression

$$\sqrt{\frac{4}{\pi^2} \mathbf{I}^2 + \frac{c^2}{2}}.$$

» *Courants déwattés dans l'anneau B.* — Les courants déwattés de l'anneau A se fermeront à travers les circuits de l'anneau B. Par suite du mouvement de rotation de cet anneau, leur intensité sera constante en un même point de l'espace.

» D'autre part, la force magnétisante qu'ils développeront devra être directement opposée à celle de l'inducteur de cet anneau.

» Dans ces conditions, si nous considérons l'intensité du courant déwatté au point m de l'espace, tel que le rayon Om fasse un angle ω avec la ligne des balais, elle a pour expression

$$c \cos \omega,$$

» Si l'anneau B a aussi $2N'$ spires, la force démagnétisante maxima développée par le passage des courants déwattés aura pour expression

$$4\pi \frac{N'}{\pi} c \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos \omega d\omega = 4\pi \frac{2N'}{\pi} c.$$

» *Intensité j .* — La somme des intensités des courants qui passeront au

point m de l'espace, dans l'anneau B, considéré ci-dessus, est égale à

$$I - b \sin \omega + b \cos 2\pi \alpha t + c \cos \omega.$$

» Si nous désignons par ρ la résistance d'une spire de l'anneau B, la quantité de chaleur dégagée dans les spires situées d'un même côté de la ligne des balais aura pour expression

$$\begin{aligned} \frac{N'}{\pi} \rho \int_0^\pi (I - b \sin \omega + b \cos 2\pi \alpha t + c \cos \omega)^2 d\omega \\ = \frac{N'}{\pi} \rho \left[\left(I^2 + b^2 + \frac{c^2}{2} \right) \pi - 4bI \right]. \end{aligned}$$

» La chaleur dégagée dans les deux moitiés de l'anneau B sera

$$\frac{2N'}{\pi} \rho \left[\left(I^2 + b^2 + \frac{c^2}{2} \right) \pi - 4bI \right]$$

ou, puisque l'on a $b = \frac{2}{\pi} I$,

$$\frac{2N'}{\pi} \rho \left[\left(\pi - \frac{4}{\pi} \right) I^2 + \frac{\pi}{2} c^2 \right]$$

» La valeur efficace de l'intensité j sera égale à

$$\sqrt{\left(1 - \frac{4}{\pi^2} \right) I^2 + \frac{c^2}{2}}.$$

» *Réaction d'induit dans l'anneau B.* — Les courants qui traverseront l'anneau B seront les uns de fréquence α , les autres de fréquence $\frac{3}{2}\alpha$. Ces derniers tendront à engendrer des flux tournant dans l'espace avec la vitesse 2α . Nous nous y opposerons en entourant l'anneau B d'un cylindre de cuivre disposé dans l'entrefer et ne laissant entre lui et l'anneau que le jeu strictement nécessaire pour réduire autant que possible l'intensité des flux qui pourront se fermer dans cet intervalle, sans couper l'écran.

» Les courants dévattés de fréquence $\frac{\alpha}{2}$ développeront une force magnétisante évaluée ci-dessus.

» La grandeur de cette force magnétisante sera indépendante du débit de l'appareil. Nous devons en tenir compte dans le tracé du profil des épanouissements polaires.

» Les courants wattés de fréquence $\frac{\alpha}{2}$ engendreront une force magnétisante transversale proportionnelle au débit de l'appareil.

» L'intensité des courants a pour expression, en chaque point de la surface de l'anneau,

$$I - b \sin \omega = I \left(1 - \frac{2}{\pi} \sin \omega \right).$$

» La force magnétisante maxima, développée par ces courants, a pour expression

$$4\pi \frac{N'}{\pi} I \int_0^\pi \left(1 - \frac{2}{\pi} \sin \omega\right) d\omega = 4\pi N' I \left(1 - \frac{4}{\pi^2}\right).$$

» 4. DE LA COMMUTATION. — Au moment où s'opère la commutation dans un circuit de l'anneau B, le courant watté qui passe dans le circuit de l'anneau A, monté en opposition avec lui, est nul. Donc la commutation s'opérera comme si l'anneau B fournissait tout le courant continu débité.

» Les courants déwattés ne sont pas commutés et n'interviennent pas dans le phénomène.

» Pour que la commutation se fasse bien, malgré les variations de débit, il faut que les forces électromotrices qui doivent la produire puissent être obtenues par de simples différences de la densité du courant sous les balais, sans que cette densité devienne jamais assez grande pour amener un échauffement anormal.

» Pour que ce résultat soit obtenu, il faut :

» 1° Que la self-induction de chaque section soumise à la commutation soit suffisamment petite, ce à quoi l'on parviendra en divisant convenablement les anneaux, la présence de l'écran magnétique entourant l'anneau B contribuera à diminuer cette self-induction ;

» 2° Que le flux dans lequel se meut le circuit, pendant sa commutation, ait toujours une intensité négligeable.

» Il sera généralement facile de réaliser cette condition pour un régime déterminé ; mais, à chaque changement de régime, la distorsion du champ dans lequel se déplacera l'anneau B, due à l'existence de la force magnétisante transversale développée par cet anneau, aura pour effet de faire varier la dispersion des lignes de force, et par suite le nombre de celles qui couperont le circuit commuté. Le moyen le plus simple de s'opposer à cet effet consistera à superposer à l'écran un circuit fixe monté en série dans le circuit général desservi par l'appareil, et qui devra développer le long de chaque rayon de l'anneau un nombre d'ampères-tours égal et de signe contraire à celui que développera l'anneau suivant le même rayon. Cette méthode a déjà été proposée pour les machines à courant continu par Fischer-Hinnen.

» 5. FORCE ÉLECTROMOTRICE DÉVELOPPÉE DANS L'ANNEAU A COURANT ALTERNATIF. — Soit toujours $2N$ le nombre total de spires disposées à la surface de cet anneau.

» Le nombre de spires qui passent en un point m est égal à $\frac{N}{2} \sin \omega d\omega$.

» Désignons par Φ le flux qui émane d'un pôle.

» Le flux $d\Psi$, qui passe au même point m , a pour expression

$$d\Psi = \frac{\Phi}{2} \sin 2\pi \left(\alpha t - \varphi - \frac{\omega}{2\pi} \right) d\omega.$$

» La force électromotrice que développent ses variations dans toute spire qu'il rencontre est

$$2\pi\alpha\frac{\Phi}{2}\cos 2\pi\left(\alpha t - \varphi - \frac{\omega}{2\pi}\right)d\omega.$$

» Il rencontre

$$\frac{N}{2}\int \sin \omega d\omega = \frac{N}{2}\cos \omega \text{ spires.}$$

» Donc la force électromotrice développée dans l'anneau inducteur par ce flux élémentaire est

$$de = 2\pi\alpha\frac{\Phi}{4}N\cos \omega \cos 2\pi\left(\alpha t - \varphi - \frac{\omega}{2\pi}\right)d\omega,$$

et la force électromotrice totale développée dans l'inducteur est

$$2\pi\alpha\frac{\Phi}{4}N\int_0^{2\pi} \cos \omega \cos 2\pi\left(\alpha t - \varphi - \frac{\omega}{2\pi}\right)d\omega = 2\pi\alpha\frac{\Phi N}{4}\pi \cos 2\pi(\alpha t - \varphi).$$

» Sa valeur efficace est

$$2\pi\alpha\frac{\Phi N}{4}\pi\frac{1}{\sqrt{2}}.$$

(A suivre.)



BIBLIOGRAPHIE.

La distribution de l'énergie électrique en Allemagne, par MM. CHARLES BOS et J. LAFFARGUE. 1 vol. gr. in-8°, avec illustrations. Masson et C^o, éditeurs. Paris; 1899.

Cet Ouvrage est le compte rendu d'une mission municipale qu'ont remplie en 1898 MM. Bos et Laffargue pour la Ville de Paris. Il donne l'état actuel de la distribution de l'énergie électrique en Allemagne.

Au commencement, se trouvent quelques considérations économiques sur la distribution de l'énergie électrique en Allemagne.

Le Chapitre I est consacré à des généralités sur la distribution. La première Partie examine les systèmes de distribution et les applications de ces systèmes. La deuxième Partie donne les statistiques des stations centrales de distribution pour éclairage et force motrice ainsi que pour traction. Dans le Chapitre II se trouvent les descriptions des stations centrales, et celles-ci sont divisées en trois groupes, selon qu'elles se prêtent à la distribution pour éclairage, force motrice, traction et divers, à la distribution pour éclairage, force motrice et divers, ou à la distribution pour traction. Nous trouvons là les descriptions avec figures explicatives des stations centrales de Berlin, Hambourg, Frankfurt, Munich, Hanovre, Altona, Aix-la-Chapelle, Cologne, Brême, Breslau, Nuremberg, Elberfeld, Düsseldorf, Dresde, Chemnitz.

Le Chapitre III donne des renseignements généraux sur les distributions; le Chapitre IV, des résultats généraux d'exploitation; le Chapitre V étudie les rapports entre les municipalités et les sociétés concessionnaires, les services publics, les contrats.

Vient ensuite, dans le Chapitre VI, une étude sommaire des distributions d'énergie électrique en Europe, et, dans le Chapitre VII, l'énoncé des règlements divers concernant les installations électriques en Allemagne.

Cette rapide énumération des matières contenues dans l'Ouvrage de MM. Bos et Laffargue suffit à faire ressortir l'intérêt capital qu'il présente pour les électriciens. Les auteurs ont su grouper avec méthode les documents recueillis. Ils n'ont omis dans leurs descriptions ni les grandes lignes, ni les détails, et ils ont développé les considérations d'ordre technique aussi bien que celles d'ordre commercial. Leur œuvre rendra service à tous ceux qui s'occupent d'Électrotechnique.

Le Volta, *Annuaire de renseignements sur l'Électricité et les Industries annexes*. Société fermière des Annuaire, éditeur. 1 fort volume in-4° (3000 pages).

Il est particulièrement attrayant pour tous ceux qui s'intéressent à l'Électricité de constater le développement acquis par cette science depuis cent ans. Le D^r C. Grollet vient de faire paraître à la Société fermière des Annuaire, dont M. Puel de Lobel est directeur, un volumineux travail qui constitue une étude complète de ce sujet et dont la première édition coïncide avec le centenaire de Volta, l'inventeur de la pile.

Ce livre n'est pas seulement destiné aux ingénieurs et aux électriciens : c'est le compendium indispensable à tous les esprits chercheurs, le recueil de toutes les formules, l'exposé de tous les appareils, groupés d'une façon raisonnée, pour l'Électricité et les Industries annexes. Avec cet Annuaire le lecteur possédera sous la main une foule de renseignements utiles, présentés sous une forme toute nouvelle et méthodiquement classés; tels :

1° La formule dont il a besoin, le principe de l'appareil qui est le sujet de ses recherches, les grandes lignes du projet qu'il a à calculer, etc. (Renseignements techniques);

2° Les publications nouvelles (ouvrages, communications diverses) qui traitent de l'étude qu'il a entreprise, les tarifs des douanes français et étrangers, les tarifs d'octroi, et aussi les mouvements du commerce intérieur et extérieur y ayant trait, etc. (Renseignements statistiques);

3° Les noms et adresses des industriels de la région, et, en élargissant le cadre, de la France et de l'Étranger, qui construisent, qui fabriquent la matière, l'outil, l'appareil, la machine, objets de ses recherches, sans oublier les noms et adresses des négociants qui les vendent (Renseignements commerciaux).

Fournissant non plus seulement des adresses, mais des données précises qui permettent de comparer, de se guider, de réfléchir avant de faire des achats, cet Annuaire facilite les rapports entre les constructeurs, les ingénieurs, les industriels, les commerçants et, en général, entre toutes les personnes qui produisent, qui utilisent et qui ont à étudier l'énergie électrique sous une forme quelconque.

Paraissant régulièrement chaque année, sans cesse à jour des progrès scientifiques et industriels, le *Volta* est la véritable *Encyclopédie de l'Électricité*.

Progrès de l'Électricité. Oscillations hertziennes. Rayons cathodiques et rayons X
(11^e Supplément au *Cours de Physique de l'École Polytechnique*, par JAMIN et BOUTY).
par M. E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. In-8, avec 45 fig. et 2 pl.; 1899.

Les progrès de l'Électricité, dans ces dernières années, justifient, à coup sûr, ce Volume supplémentaire du *Cours de Physique* de JAMIN et BOUTY. L'Auteur a, du reste, traité la question d'une façon tout à fait indépendante du Cours lui-même, de sorte que c'est véritablement une situation de la Science électrique, à ce jour, qu'il a présentée au public. Il est inutile de dire que les oscillations hertziennes, les rayons cathodiques et les rayons X ont été étudiés comme il convient dans ce nouvel Ouvrage.



ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

PROMOTION V. -- 1898-1899.

Liste des élèves ayant obtenu le diplôme de fin d'études.

MM.

BINET, capitaine d'Artillerie	}	Officiers désignés par les Ministères de la Guerre et de la Marine.
METHLIN, »		
THOMINE, lieutenant de vaisseau		
COLIN, »		
FOUCQUES, »		
TADIÉ, »		

MM.

1. LANDRIN, ancien élève de l'École Polytechnique.
2. BEUTOM, »
3. BOMBES DE VILLIERS, »
4. GUILLAUME, Ingénieur des Arts et Manufactures.
5. ROUVEL, ancien élève diplômé des Écoles d'Arts et Métiers.
6. SABATIÉ, Licencié ès Sciences.
7. BARENNE, ancien élève de l'École Polytechnique.
8. DIÉNY,
9. LEGRAND, ancien élève diplômé des Écoles d'Arts et Métiers.
10. TICIER, ancien élève de l'École Polytechnique.
11. RACAPÉ, Licencié ès Sciences.
12. JORET, Ingénieur des Arts et Manufactures.
13. PAYAN, ancien élève de l'École Polytechnique.
14. ROUSSEAU, Lieutenant d'artillerie.
15. CHANIER, Ingénieur des Arts et Manufactures.
16. GRELLEY, Licencié ès Sciences.
17. MÉTAXAS, Enseigne de vaisseau de la marine grecque.
18. MICHEL ALEXANDRE, ancien élève diplômé de l'École des Ponts et Chaussées.
19. GENTILHOMME, Ingénieur des Arts et Manufactures.
20. HERBET, »
21. DESAUX, ancien élève de l'École Polytechnique.
22. LÉO, Ingénieur des Arts et Manufactures.
23. BULLIER, »
24. CLIN, ancien élève diplômé de l'Institut industriel du Nord.
25. DUJOUR, Licencié ès Sciences.
26. SCHWAB, ancien élève de l'École Polytechnique.
27. PALLIER,
28. BOULAD, ancien élève de l'École Centrale.

- 29. RIEUNIER, Ingénieur des Arts et Manufactures.
- 30. SIRE DE VILAR, " "
- 31. DE VAUBLANC,
- 32. MEUNIER, Licencié ès Sciences.
- 33. LEZAUD, ancien élève diplômé de l'École des Ponts et Chaussées.
- 34. BALME, Ingénieur des Arts et Manufactures.
- 35. PECH, ancien élève de l'École Centrale.
- 36. GÉNON,
- 37. LA CHAVE,
- 38. CAPLONG, ancien élève diplômé de l'École des Ponts et Chaussées.
- 39. NELSON-UIRY, ancien élève de l'École Polytechnique.
- 40. VINSON, Ingénieur des Arts et Manufactures.
- 41. PLASSE, ancien élève de l'École Polytechnique.
- 42. HUBER, " "
- 43. LAURONCE, ancien élève diplômé de l'École des Ponts et Chaussées.
- 44. VIÉNOT, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Promotion 1897-1898.

SOULAIROL.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Étude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs (suite et fin)
(M. M. Leblanc), p. 349.
BIBLIOGRAPHIE, p. 386.
INFORMATION, p. 387.

**ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS,**

PAR M. MAURICE LEBLANC.

ANNEXE 1.

(Suite.)

Transformateur de 300 kilowatts.

I. — DONNÉES.

Tension du courant primaire.....	2000 volts
Fréquence du courant primaire.....	50
Tension du courant continu.....	550 volts

» L'appareil doit desservir un réseau de tramways.

» Nous nous donnerons de plus les conditions suivantes :

Vitesse de rotation..... 600 tours par minute

Vitesse périphérique des anneaux..... 30^m par seconde

» Les anneaux seront du genre Paccinotti.

» Les enroulements seront du genre Siemens multipolaire avec montage en quantité.

II. — MACHINE A COURANT ALTERNATIF.

» L'inducteur aura six pôles. Nous supposons les six bobines montées en série.

» Si nous admettons provisoirement que l'appareil ait un rendement de 90 pour 100, l'intensité débitée par le circuit primaire sera de

$$\frac{300000}{0,9 \times 2000} = 166,6 \text{ ampères.}$$

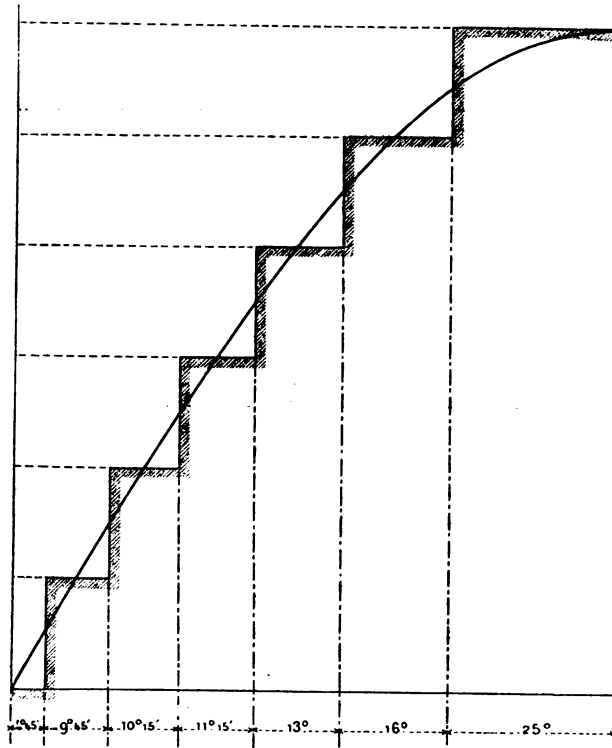
» L'enroulement sera fait avec des barres de 80^{mm} de section.

» Nous aurons :

Diamètre extérieur de l'anneau mobile.....	1 ^m ,144
Entrefer.....	2 ^{mm}
Diamètre intérieur de l'anneau fixe.....	1 ^m ,148
Longueur développée de chaque pôle.....	60 ^{cm} ,5

» Nous ferons développer par l'inducteur 100 ampères-tours par chaque centimètre de développement de la circonférence intérieure de l'anneau fixe.

Fig. 89.



» Chacune des 6 bobines devra donc comporter $\frac{6050}{166,0} = 36$ spires en nombre rond.

» Pour pouvoir loger ces 36 spires, en tenant compte de la nécessité de leur faire traverser des canaux en carton micanité de 4^{mm},5 d'épaisseur,

on trouve qu'il est nécessaire d'en réunir au moins 3 dans chaque encoche. Le nombre des encoches sera donc égal à 12.

» Elles sont réparties à la surface de l'anneau de telle manière que la force magnétisante, développée par chacune de ces bobines le long d'un rayon, varie aussi sensiblement que possible, suivant une loi sinusoïdale, lorsque ce rayon tourne autour de l'axe.

» Pour déterminer ce mode de répartition, traçons un arc de sinusoïde (voir *fig. 89*) correspondant à des angles compris entre 0° et 90° . Puisque à un angle de 180° doivent correspondre 12 encoches, menons 6 parallèles à l'axe des x , qui découperont l'ordonnée maximum de la sinusoïde en 6 parties égales, et traçons une ligne en escalier dont les parties horizontales des marches se confondront avec les parallèles précédentes et qui contournera l'arc de sinusoïde de manière à s'en écarter le moins possible.

» Nous obtenons ainsi la ligne en escalier de la *fig. 89*.

» Les abscisses des ordonnées des branches verticales de cette ligne ont les valeurs indiquées sur la figure en degrés.

» Si nous disposons nos encoches de manière que les distances successives de leurs axes soient proportionnelles aux différences de ces abscisses, la loi de variation, en fonction du temps, du nombre des spires de l'inducteur que rencontrera un rayon tournant d'un mouvement régulier autour de l'axe de l'anneau, sera représentée par la ligne en escalier de la *fig. 89* et pourra sans erreur sensible être assimilée à une loi sinusoïdale.

» L'anneau inducteur ayant 6 pôles, les angles que devront faire entre eux les axes des encoches successives auront les valeurs indiquées sur la

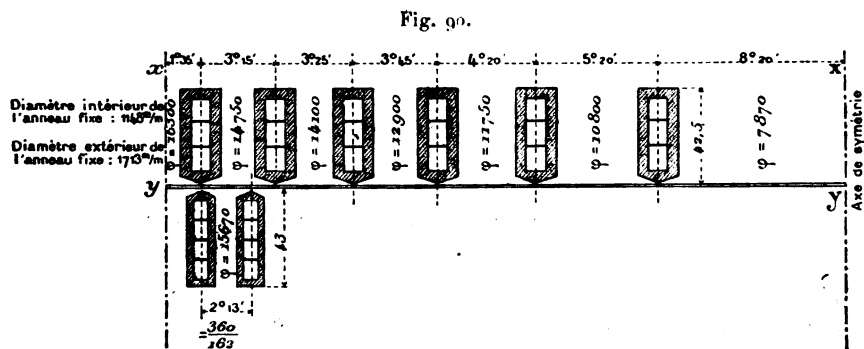


fig. 90. On trouvera également représenté sur cette figure le profil des encoches.

Longueur de l'inducteur mesurée parallèlement à l'axe.

» Soient l cette longueur, φ l'intensité maximum du flux dans l'entrefer que nous supposerons égale à 6000.

» Le rayon de l'entrefer est égal à $57^{\text{cm}},3$. Le flux Φ émanant d'un pôle est égal à $6000 l \int_0^{\frac{\pi}{3}} 57,3 \sin 3\omega d\omega = 229200 l$.

» La fréquence des variations de ce flux dans l'inducteur est 50. Le nombre des spires par pôle N est 36. La force électromotrice maximum à développer par paire de pôles est $\frac{2000}{3} \sqrt{2}$. Nous aurons donc, en appliquant la formule établie dans la première Note,

$$2\pi \times 50 \times \frac{229200}{4} \times 36\pi l = \frac{2000}{3} \sqrt{2},$$

d'où l'on tire

$$l = 46.$$

*Nombre de conducteurs par pôle à disposer à la surface
des deux anneaux mobiles.*

» Nous admettrons que, pour obtenir 550 volts entre les bornes de la machine, il faille développer 570 volts entre les deux lignes de balais consécutives du collecteur.

» Le flux total émanant d'un pôle sera le même pour les deux anneaux mobiles, en désignant par n le nombre de conducteurs cherché, et nous rappelant que la fréquence des variations de flux dans ces deux anneaux n'est plus égale qu'à 25

$$25 \times 2 \times 229200 \times 46 n = 570 \cdot 10^8,$$

$$n = 108.$$

» Pour pouvoir les loger facilement, nous sommes conduits à réunir ces conducteurs quatre par quatre dans les mêmes encoches. Le nombre des encoches des deux anneaux mobiles sera donc égal à

$$27 \times 4 = 108.$$

» Le profil des encoches de l'anneau A, soumis à l'action de l'inducteur à courant alternatif, est représenté sur la *fig. 90*.

» Les circuits magnétiques de cette machine devront avoir une aussi grande perméabilité que possible; nous avons supposé que les encoches des deux anneaux seraient complètement noyées dans le fer.

Intensités des courants wattés et déwattés dans l'anneau A.

1° *Courants wattés.* — La formule

$$\frac{N'}{\pi} b = - \frac{N}{4} a$$

nous donne

$$b = -\frac{\pi}{4} \frac{36}{108} 166,6\sqrt{2}, \quad \text{d'où} \quad b = -62 \text{ ampères.}$$

» Mais nous devons prendre garde que la division en encoches de l'anneau A ne coïncide pas avec celle de l'anneau qui l'enveloppe.

» Lorsque deux encoches sont situées l'une au-dessous de l'autre, les nombres d'ampères-tours qui les traverseront seront les mêmes. L'intensité des courants wattés qui passeront dans l'encoche de l'anneau A sera alors maximum. Elle variera lorsque cette encoche se déplacera et pourra devenir nulle si la différence de potentiel magnétique, développée par le passage des courants wattés de l'anneau fixe, entre les deux dents qui enserrent l'encoche considérée, devient elle-même nulle. Cela arrivera lorsque les épanouissements polaires de ces dents seront compris tous les deux sous la même dent de l'anneau fixe.

» Il serait très difficile d'évaluer rigoureusement les variations d'intensité dans les circuits de l'anneau A, occasionnées par le défaut de continuité de la surface des deux anneaux.

» Nous aurons néanmoins une limite supérieure de la dépense d'énergie occasionnée par le passage des courants wattés dans les circuits de cet anneau en faisant l'hypothèse suivante :

» L'anneau fixe n'ayant que 12 encoches par pôle, nous supposons qu'à chaque instant 12 seulement des 27 encoches de l'anneau mobile A sont parcourues par des courants wattés. L'intensité de ces courants se trouve de ce chef multipliée par le rapport $\frac{27}{12}$.

» Mais, comme les 27 conducteurs de l'anneau A se substituent constamment les uns aux autres, les choses se passent comme si chacun d'eux n'était traversé par le courant que pendant les $\frac{12}{27}$ du temps. Dans ces conditions, la quantité d'énergie dégagée dans ces circuits se trouve multipliée par le rapport $\frac{27}{12}$, et, au point de vue de l'effet Joule, l'intensité b doit l'être par la quantité $\sqrt{\frac{27}{12}}$ et être considérée comme égale à $62\sqrt{\frac{27}{12}} = 93,2$.

» Si nous supposons égale à 93,2 ampères l'intensité efficace des courants dans les circuits de l'anneau A, nous tiendrons compte en même temps de la chaleur dégagée par le passage des courants de fréquence 25 et par ceux de fréquence 75, puisque la quantité b représentait non une intensité efficace mais une intensité maximum.

» 2° *Courants dévattés.* — Nous ferons en sorte que l'induction spécifique maximum soit égale à 5600 dans l'anneau fixe et 10000 dans l'anneau mobile.

» Supposons que les tôles occupent 0,85 du volume total, cela nous conduit à donner à l'anneau fixe une épaisseur égale à $\frac{229200}{2 \times 0,85 \times 5600} = 24$ et à l'anneau mobile une épaisseur de 15,0. L'induction spécifique maximum dans l'entrefer est égale à 6000; l'épaisseur de cet entrefer est de 2^{mm}.

» L'induction spécifique maximum dans les dents de l'anneau fixe est égale à 16300. Leur hauteur est de 4^{cm}, 25.

» L'induction spécifique maximum dans les dents de l'anneau mobile est égale à 15670. Leur hauteur est de 4^{cm}, 3.

» Dans ces conditions, nous aurons une limite supérieure de la force magnétisante nécessaire, en supposant que le flux doive franchir successivement :

1° 0 ^{cm} , 4 dans l'air avec une induction égale à.....	8000
2° 8 ^{cm} , 5 dans le fer " "	16300
3° 1 ^{cm} , 5 " "	15670
4° 60 + 24 = 84 ^{cm} dans le fer avec une induction moyenne égale à ..	2800
5° 60 + 15 = 75 ^{cm} " " ..	5000

» Nous admettrons que, pour la qualité de fer employée, les nombres d'ampères-tours par centimètre nécessaires pour obtenir les inductions voulues aient les valeurs suivantes :

4,6 ampères-tours pour l'induction	2800
6,3 " "	5000
32 " "	15670
41,2 " "	16300

» La force magnétisante cherchée est alors égale à

$$\frac{0,4 \times 6000}{4\pi} 10 + 84 \times 4,6 + 75 \times 6,3 + 8,6 \times 32 + 8,5 \times 41,2 = 3393.$$

» L'intensité maximum C du courant déwatté qui traversera les 108 conducteurs de l'anneau mobile correspondant à un même pôle de l'anneau fixe sera donnée par la formule

$$\frac{108}{\pi} C \int_0^\pi \sin \omega d\omega = 3393,$$

$$\frac{2}{\pi} \times 108 C = 3393,$$

$$C = 47,4 \text{ ampères.}$$

» L'intensité efficace, dans chacun des conducteurs de l'anneau mobile, sera égale à

$$\sqrt{(93,2)^2 + \frac{(49,4)^2}{2}} = 99,6 \text{ ampères.}$$

Poids du fer des anneaux fixe et mobile.

» Nous avons :

» 1° Pour l'anneau fixe :

Anneau proprement dit :

$$\frac{\pi}{4} [(171,3)^2 - (123,3)^2] \frac{0,85 \times 46}{1000} \times 7,8 \dots \dots \dots 3380^{\text{kg}}$$

Dents :

$$\left\{ \frac{\pi}{4} [(123,3)^2 - (114,8)^2] - 1,7 \times 4 \times 12 \times 6 \right\} \frac{0,85 \times 46}{1000} \times 7,8 \dots \dots 307$$

$$\text{Total.} \dots \dots \dots 3687$$

» 2° Pour l'anneau mobile :

Anneau proprement dit :

$$\frac{\pi}{4} [(105,8)^2 - (75,8)^2] \frac{0,85 \times 46}{1000} \times 7,8 \dots \dots \dots 1320^{\text{kg}}$$

Dents :

$$\left\{ \frac{\pi}{4} [(114,4)^2 - (105,8)^2] - 1,2 \times 4 \times 162 \right\} \frac{0,85 \times 46}{1000} \times 7,8 \dots \dots 185$$

$$\text{Total.} \dots \dots \dots 1505$$

Pertes d'énergie dans le fer.

» Nous admettons :

» 1° Que la perte par hystérésis, par centimètre cube et par cycle, soit donnée en fonction de l'induction φ par la formule

$$0,0016 \varphi^{1,6-7} 10 \text{ watts,}$$

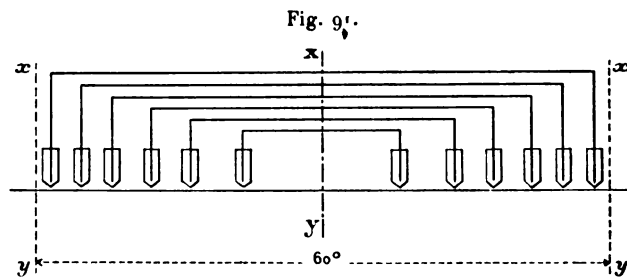
» Et 2° que la perte par courants de Foucault, par centimètre cube, pour des tôles de $\frac{1}{4}$ millimètre d'épaisseur et pour des variations de flux de fréquence α , est donnée par la formule

$$16(0,05 \times \alpha \times \varphi)^2 10^{-12} \text{ watts.}$$

» L'induction maximum varie quand on passe d'une dent à l'autre de l'anneau fixe, comme il est indiqué sur la fig. 90.

» Nous pouvons dresser le Tableau suivant :

Induction φ .	Poids des dents où l'induction atteint la valeur φ .	Perte d'énergie par kilogramme de fer correspondant à l'induction φ .	Perte d'énergie dans les dents considérées.
	kg	watts	watts
16300	11,6	9,027	107,2
14750	24,5	7,680	187,7
14100	27,1	7,003	189,2
12900	32,3	6,783	219,0
11750	41,0	5,100	209,0
10800	56,3	4,396	248,0
7870	114,1	2,550	291,0
			1451,6



» La perte d'énergie par kilogramme correspondant à l'induction 5600 est de

$$1,429 \text{ watt.}$$

» La perte d'énergie dans l'anneau proprement dit est

$$1,429 \times 3380 = 4825.$$

» Perte totale dans le fer de l'anneau fixe,

$$6277 \text{ watts.}$$

» L'induction maximum dans les dents de l'anneau mobile est égale à

$$15670.$$

» La perte d'énergie correspondante, la fréquence n'étant plus égale qu'à 25, est de 3,426 watts par kilogramme.

» L'induction, dans l'anneau proprement dit, est égale à 10000, et la perte correspondante de 1,606 watt.

» La perte totale d'énergie dans l'anneau mobile est donc égale à

$$185 \times 3,426 + 1320 \times 1,606 = 2755 \text{ watts.}$$

» Les deux anneaux mobiles seront identiques et seront le siège des mêmes variations de flux, à la même fréquence.

» La perte totale d'énergie dans les masses de fer du transformateur-redresseur sera donc égale à 11787 watts.

Pertes d'énergie dans le cuivre de l'anneau fixe.

» Afin de faciliter la ventilation, nous ménagerons deux interstices circulaires de 1^{cm} de largeur entre les tôles des anneaux. Les plaques maintenant les tôles auront 15^{mm} d'épaisseur. Enfin, les barres de cuivre déborderont en moyenne de 4^{cm} de part et d'autre de ces plaques.

» La longueur moyenne d'une des barres engagées dans les encoches sera donc de 59^{cm}.

» D'un côté de l'anneau, ces barres se réuniront sans solution de continuité, le système composé par deux de ces barres et la connexion qui va de l'une à l'autre étant obtenu au moyen d'un même ruban de cuivre replié sur un gabarit. De l'autre côté de l'anneau, ces barres seront reliées par un ruban ayant même équarrissage qu'elles et soudées à ces deux extrémités.

» De chaque côté de l'anneau nous aurons :

18 connexions ayant 25,4 de longueur			
18	»	40,2	»
18	»	53,1	»
18	»	65,0	»
18	»	77,3	»
18	»	89,0	»

» Il convient d'y ajouter les connexions qui serviront à accoupler en série les six bobines montées sur cet anneau et dont la longueur totale sera égale à 446^{cm}.

» En résumé, la longueur totale des barres de cuivre enroulées sur l'anneau fixe sera égale à :

$$12 \times 6 \times 3 \times 59 + 36 \times 350 + 446 = 25790^{\text{cm}}.$$

» Le poids de cuivre correspondant est de

$$\frac{25790 \times 0,8 \times 8,91}{1000} = 184^{\text{kg}}.$$

» La résistance à chaud du circuit primaire de l'appareil est égale à

$$\frac{25790 \times 2}{0,8} \times 10^{-6} = 0,0645 \text{ ohm}.$$

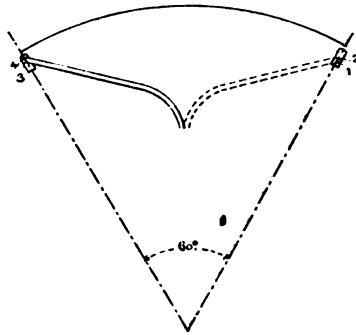
» La quantité de chaleur qui est dégagée est égale à :

$$0,0645 \times (166,6)^2 = 1780 \text{ watts}.$$

» *Perte d'énergie dans le cuivre de l'anneau mobile.* — Les extrémités des quatre conducteurs engagés dans chaque encoche seront étagées pour faciliter l'établissement des connexions; leur longueur moyenne est de 56^{cm}. Comme pour l'anneau fixe, d'un côté de l'appareil, les connexions seront faites par le prolongement des barres elles-mêmes convenablement repliées sur un gabarit. De l'autre ces connexions seront rapportées et soudées à leurs deux extrémités.

» On les voit représentées sur la *fig. 92*; leur longueur est approximativement de 80^{cm}.

Fig. 92.



» La longueur totale de cuivre enroulée sur l'anneau mobile est de

$$(56 + 80) 4 \times 192 = 88000^{\text{cm}}.$$

» Le poids de cuivre correspondant est de

$$88000 \times 0,48 \times \frac{8,91}{1000} = 378^{\text{kg}}.$$

» La résistance à chaud de ces 88000^{cm} de cuivre disposés bout à bout serait de

$$\frac{88000 \times 96}{0,4} \times 10^{-6} = 0,3675 \text{ ohm}.$$

» L'intensité efficace du courant qui traverse ce conducteur est de 99,6 ampères.

» La dépense d'énergie dans le cuivre de l'anneau mobile sera donc égale à

$$0,3675 \times (99,6)^2 = 3640 \text{ watts}.$$

» *Surfaces de refroidissement ventilées des anneaux fixe et mobile.* —

Nous avons :

» 1° Pour l'anneau fixe :

Surface cylindrique $\pi \times 114,8 \times 51$	18410
Surfaces latérales $6 \frac{\pi}{4} [(171,3)^2 - (114,8)^2]$	75480
Total.....	<u>93890</u>

» 2° Pour l'anneau mobile :

Surface cylindrique $\pi \times 114,4 \times 51$	18360
Surfaces latérales $4 \frac{\pi}{4} [(114,4)^2 - (75,8)^2]$	23492
Total.....	<u>41852</u>

» La dépense totale d'énergie est :

Dans l'anneau fixe.....	8057 watts
Dans l'anneau mobile.....	6455 watts

» La surface de refroidissement ventilée est donc de :

Par watt dans l'anneau fixe.....	11 ^{cmq} , 6
Par watt dans l'anneau mobile.....	6 ^{cmq} , 5

» Ces nombres sont largement suffisants.

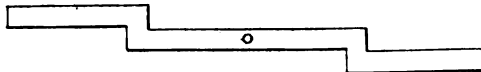
III. — CONNECTEUR DE L'ANNEAU MOBILE DE LA MACHINE A COURANT ALTERNATIF.

» Les deux anneaux mobiles devant être montés en dérivation sur le même collecteur, il est naturel de le disposer entre eux. Ses lames laisseront passer les courants qui devront aller d'un anneau à l'autre.

» Les divers circuits de l'anneau A doivent se succéder en ordre inverse de celui des lames du collecteur. Nous obtiendrons ce résultat en reliant les têtes des développantes de cercle situées du côté du collecteur aux touches de ces derniers au moyen de bandes conductrices disposées de la manière suivante :

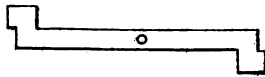
» Nous emploierons des bandes découpées comme il est représenté sur la *fig. 93*.

Fig. 93.



» La longueur de leurs différentes parties devra varier avec le rang du circuit dont elles relieront l'entrée au collecteur. Les deux extrémités de chaque bande seront repliées, l'une vers le haut, l'autre vers le bas, comme il est indiqué sur la *fig. 94*.

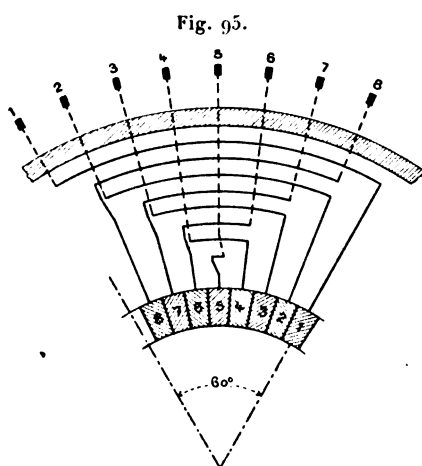
Fig. 94.



» Ces bandes seront percées d'un trou en leurs milieux.

» Supposons, pour simplifier le dessin, que l'anneau A ne comporte que 8 circuits par pôle et que, de même, le collecteur ne comporte que 8 touches par pôle.

» Nous superposerons nos bandes comme il est représenté sur la *fig. 95*, en ayant soin d'alterner une bande ayant son extrémité gauche tournée vers l'extérieur et une bande ayant son extrémité gauche fermée vers l'intérieur.



» Les connexions étant établies comme il est représenté sur la figure, donnons les mêmes numéros aux touches du collecteur qu'aux têtes des développantes qui leur sont ainsi reliées; nous voyons immédiatement que, si les numéros des têtes de développantes vont en croissant lorsque l'on va de gauche à droite, ceux des touches du collecteur vont en croissant lorsque l'on va de droite à gauche.

» Ces connexions se font sans aucun croisement et les diverses portions des bandes se trouvent rangées suivant trois plans parallèles.

» On disposera un cercle métallique autour de la portion cintrée des bandes (*fig. 95*) et on les lui réunira en passant une broche isolée, par pôle, dans les trous ménagés par leurs milieux.

» Dans le cas qui nous occupe nous aurons à superposer 54 bandes. Nous leur donnerons 3^{mm} d'épaisseur et 40^{mm} de largeur. Elles seront séparées par des isolants épais de 1^{mm}.

» La longueur moyenne d'une bande est égale à environ 60^{cm}. Le nombre total des bandes que comporte le connecteur est de

$$54 \times 6 = 324.$$

» La longueur totale de cuivre employée est de

$$324 \times 60 = 19440.$$

» Son poids est de

$$19440 \times 0,3 \times 4 \times \frac{8,91}{1000} = 208 \text{ kg.}$$

» La résistance à chaud de ces bandes supposées mises bout à bout serait de

$$19440 \times \frac{2}{1.2} \times 10^{-6} = 0,0325 \text{ ohm.}$$

» Cherchons l'intensité qui doit les traverser.

» Les courants wattés ne passant pas régulièrement dans tous les circuits de l'anneau A, par suite de la différence dans le sectionnement de cet anneau et de l'anneau fixe qui l'entoure, nous supposerons que la totalité de ces courants traverse les bandes du connecteur pour se rendre dans les circuits de l'anneau A. Quant aux courants déwattés, comme ils se répartissent régulièrement entre les divers circuits de l'anneau A, il ne passera dans les bandes que l'intensité qui a pour expression

$$\begin{aligned} & c \sin 2\pi\alpha t - c \sin 2\pi \left(\alpha t - \frac{1}{108} \right) \\ &= c \sin 2\pi\alpha t \left(1 - \cos \frac{2\pi}{108} \right) + c \cos 2\pi\alpha t \sin \frac{2\pi}{108} \\ &= c \sqrt{2 \left(1 - \cos \frac{2\pi}{108} \right)} \sin 2\pi(\alpha t - \varphi). \end{aligned}$$

» L'intensité efficace correspondante sera négligeable. Nous supposons qu'il passe 93,2 ampères dans chacune de nos bandes.

» La quantité d'énergie qui y sera dégagée sera égale à

$$0,0325(93,2)^2 = 281 \text{ watts.}$$

» Nous augmenterons de 50 pour 100 environ pour tenir compte de la chaleur dégagée par le passage de ces courants à travers les touches du collecteur et les lames de connexion de l'anneau B et l'évaluerons en définitive à

$$420 \text{ watts.}$$

IV. — MACHINE A COURANT CONTINU.

» Son anneau mobile B sera semblable à l'anneau A de la machine à courant alternatif. Seulement, pour faciliter la commutation en diminuant le coefficient de self-induction propre des divers circuits branchés entre les touches du collecteur, au lieu de noyer dans le fer les encoches de cet anneau, nous les ouvrirons du côté de l'entrefer.

» L'enroulement sera le même.

» Cet anneau aura les mêmes poids de fer et de cuivre que l'anneau A. La perte par hystérésis et courants de Foucault dont il sera le siège sera aussi la même.

Perte d'énergie dans le cuivre de l'anneau mobile B.

» Les circuits de cet anneau seront parcourus par trois sortes de courants :

» 1° Courants produisant un flux fixe dans l'espace, dirigé perpendiculairement à la ligne des pôles ;

» 2° Courants déwattés développant un flux fixe dans l'espace, mais dirigé suivant la ligne des pôles et de sens inverse à celui engendré par l'inducteur ;

» 3° Courants produisant un flux tournant dans l'espace avec la vitesse $\frac{100}{3}$.

» L'intensité efficace du premier de ces courants ne sera pas sensiblement affectée par les variations de débit des circuits de l'anneau A dues aux défauts de continuité de la surface de l'anneau fixe qui l'enveloppe.

» Il en sera de même pour l'intensité c des courants déwattés. Si l'on désigne par r la résistance totale du circuit de l'anneau B, qui est égale, d'après ce que nous avons dit, à 0,3675 ohm, la perte d'énergie, due au passage de ces courants dans l'anneau B, est égale à

$$\frac{r}{\pi} \int_0^\pi [1 - b \sin \omega + c \cos \omega]^2 d\omega$$

ou à

$$r \left(1^2 + \frac{b^2}{2} + \frac{c^2}{2} = \frac{4b1}{\pi} \right)$$

ou, puisque l'on a $b = \frac{2}{\pi} 1$, à

$$r \left(0,392 1^2 + \frac{c^2}{2} \right).$$

Nous aurons

$$b = 62,$$

d'où

$$1 = 97,5, \quad c = 49,4.$$

La perte d'énergie est donc de 1810 watts.

» Les courants qui produiront le champ tournant se distribueront comme les courants wattés dans l'anneau A. Les choses se passeront donc comme si l'intensité b était devenue égale à 93,2 ampères.

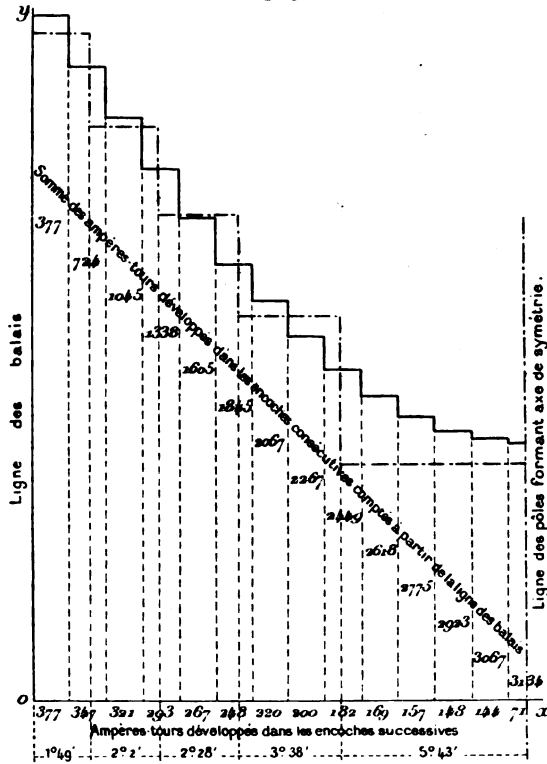
» La perte d'énergie occasionnée par leur passage sera égale à

$$0,3675 \times \frac{(93,2)^2}{2} = 1625 \text{ watts.}$$

» La perte totale d'énergie dans le cuivre de l'anneau B sera de 3435 watts.

» *Écran conducteur.* — Pour nous opposer au développement d'un flux tournant dans l'espace autour de l'anneau B, nous envelopperons ce dernier d'une chemise cylindrique en cuivre logée dans l'entrefer (*fig. 96*) et qui ne laissera entre elle et cet anneau qu'un jeu de 2^{mm}.

Fig. 96.



» A chaque instant, seuls les points de la chemise, situés au-dessus des échancrures des encoches, seront parcourus par des courants égaux et de signes contraires aux courants susceptibles d'engendrer un flux tournant. Il n'y aura à chaque instant que douze encoches par pôle, parcouru par ces courants qui traverseront ces encoches.

» Le nombre d'ampères-tours maximum qu'ils développeront dans une encoche est égal à

$$\frac{3 \times 166,6 \sqrt{2}}{2} = 353 \text{ ampères.}$$

» L'intensité efficace correspondante est de 250 ampères.

» Mais les échancrures des encoches n'ont que 6^{mm} de largeur. La longueur totale des portions de la chemise utilisée à chaque instant sera seulement de $12 \times 6 \times 0,6 = 43^{\text{cm}}, 2$, alors que son développement total sera de 360^{cm} environ.

» Les différentes portions de la chemise se substituant constamment les unes aux autres, l'intensité efficace, au lieu d'être de 250 ampères dans une bande de 0^m,6 de large, ne sera plus que de $250 \sqrt{\frac{43,2}{360}} = 86,6$ ampères, soit de 144 ampères par centimètre de développement.

» Les variations apportées dans le mode de distribution de ces courants n'auront pas d'influence sur la somme des intensités de ceux qui seront développés sous chaque pôle et qui sera égale à

$$62 \times \frac{108}{\pi} \int_0^\pi \sin \omega \, d\omega = 4260 \text{ ampères.}$$

» Donc, l'intensité efficace dans chacun des cercles qui limiteront la chemise sera égale à

$$\frac{4260}{\sqrt{2}} = 3000 \text{ ampères.}$$

» La chemise proprement dite a 0^m,7 d'épaisseur, 115^{cm},5 de diamètre, 65^{cm} de longueur comptée parallèlement à l'axe.

» Les deux cercles de cuivre qui la limitent ont une section de 16^{cm}q et un diamètre moyen de 118^{cm}.

» Le poids de cuivre de la chemise est égal à

$$60 \times 0,7 \times 115,5\pi \times \frac{8,91}{1000} = 136^{\text{kg}}.$$

» Le poids de cuivre des deux cercles est de

$$2 \times 16 \times 118,8\pi \times \frac{8,91}{1000} = 106^{\text{kg}},5.$$

» La densité efficace du courant dans la chemise est de $\frac{144}{0,7} = 206$ ampères. L'énergie dégagée par kilogramme de cuivre dans ces conditions est de

$$2 \cdot 10^{-6} (206)^2 \frac{1000}{8,91} = 9,52 \text{ watts.}$$

» La densité efficace du courant dans les cercles de cuivre est de

$$\frac{3000}{16} = 187,5 \text{ ampères.}$$

» L'énergie dégagée par kilogramme de cuivre, dans ces conditions, est de

$$2 \cdot 10^{-6} (187,5)^2 \frac{1000}{8,91} = 7,9 \text{ watts.}$$

» La perte totale d'énergie dans l'écran magnétique est donc égale à

$$136 \times 9,52 + 106,5 \times 7,9 = 1998 \text{ watts.}$$

» La surface de refroidissement ventilée de l'écran est égale à

$$114,8 \pi \times 60 + 2 \frac{\pi}{4} [(122,8)^2 - (114,8)^2] = 24810,$$

soit de 12^m4,42 par watt.

» *Circuit compensateur.* — Pour éviter la torsion du champ due à la réaction d'induit, nous disposerons au-dessus de l'écran un circuit qui sera monté en série dans le circuit général desservi par l'appareil et dans le conducteur de retour, pour faciliter l'isolation, lorsque le transformateur-redresseur desservira un réseau de tramways. Ce circuit devra développer autour de l'anneau B autant d'ampères-tours en sens contraire que cet anneau en développera. Ils devront être semblablement distribués dans l'espace.

» Nous déterminerons ces circuits de la manière suivante :

» Sur la *fig. 96* nous avons porté, sur l'axe des abscisses Ox , des longueurs successivement égales à celle d'une section de l'anneau B, la première partant d'un axe OI passant par la ligne de contact des balais.

» Le nombre d'ampères-tours qui passe à chaque instant dans la $n^{\text{ième}}$ encoche comptée à partir de l'axe OI a pour expression

$$4 \left(I - b \sin 2\pi \frac{n}{27} \right).$$

» On a

$$I = 97,5, \quad b = 62.$$

» Il est donc facile de tracer une ligne représentant les nombres d'ampères-tours développés dans les encoches successives. Cette ligne est en forme d'escaliers et est représentée en traits pleins sur la *fig. 97*.

» Le nombre d'ampères-tours total développés entre la ligne des balais et la ligne des pôles est égal à 3134. Le courant continu total fourni par l'appareil est égal à $97,5 \times 6 = 585$ ampères.

» Le multiple de 585 dont la valeur est la plus voisine de 3134 est 5. On a

$$585 \times 5 = 2925.$$

» Si nous donnons 10 spires par pile au circuit compensateur, le nombre total des ampères-tours qui tendront à développer un flux transversal sera seulement de 418 sous chaque arc polaire. Il est évident que, avec l'entrefer que nous allons être conduits à donner à cette machine, l'influence de ce flux sera négligeable.

» En cherchant à répartir ces contre-ampères-tours, de manière qu'ils soient directement en opposition avec ceux développés par l'anneau, nous sommes conduits à adopter la loi représentée par la ligne en escalier en traits interrompus de la *fig. 96*.

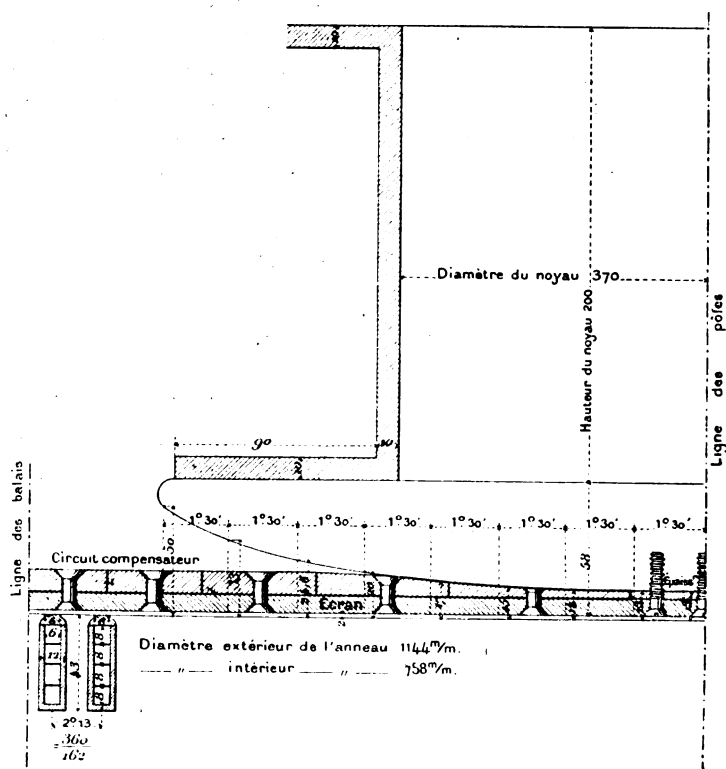
» Les intervalles compris entre les abscisses correspondant aux branches verticales de cette ligne en escalier mesurent les largeurs qu'il convient de donner aux différentes spires du circuit compensateur sous chaque pôle. Nous trouvons qu'elles doivent recouvrir successivement des angles égaux à

1°49', 2°2', 2°28', 3°38', 5°43', 5°43' 3°38, 2°28', 2°2' 1°49'.

» Nous formerons ces spires avec des bandes de cuivre posées à plat sur l'écran et reliées à lui par des rivets isolés comme il est représenté sur la *fig. 97*.

» Les deux bandes situées vers le milieu ne se rejoindront pas, de ma-

Fig. 97.



nière à permettre de relier par des vis l'écran aux épanouissements polaires de l'inducteur.

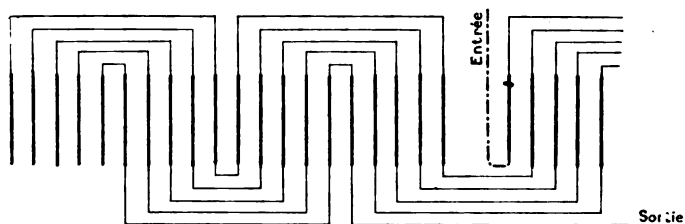
» Le circuit compensateur sera constitué avec ces bandes groupées entre elles comme il est représenté sur la *fig.* 98.

» Ces bandes auront 3^{cm} de section et une longueur de 52^{cm}.

» Les pièces de connexion seront disposées à plat comme le représente

la figure, de manière à pouvoir être logées dans l'espace compris entre les épanouissements polaires et les cercles qui limitent l'écran. Leur section

Fig. 98.



sera ainsi de 3^{cm}. Leur longueur totale sera de

$$6(29,4 + 39,8 + 50,5 + 59 + 66,2) = 1469^{\text{cm}},4.$$

» Le poids de cuivre total du circuit compensateur sera donc égal à

$$\frac{3 \times 8,91}{1000} \times (52 \times 60 + 1469,4) = 124^{\text{kg}}.$$

» La densité de courant étant de

$$\frac{585}{3} = 195 \text{ ampères},$$

l'énergie dépensée par kilogramme sera égale à

$$2 \cdot 10^{-6} [195]^2 \frac{1000}{8,91} = 8,54 \text{ watts}.$$

» L'énergie dépensée dans le circuit compensateur sera donc égale à

$$124 \times 8,54 = 1058 \text{ watts}.$$

» Il ne sera guère rafraîchi que par le contact de l'écran : celui-ci devra donc dégager

$$1998 + 1058 = 3056 \text{ watts};$$

mais, sa surface de refroidissement étant de 24810^{cm}², on disposera encore de $\frac{24810}{3056} = 8^{\text{cm}},15$ de surface ventilée par watt, ce qui est très suffisant.

» *Détermination de l'entrefer.* — Le flux doit affecter une forme sinusoïdale, bien que nous nous proposons de le faire développer par un inducteur ordinaire. Il convient donc que l'épaisseur de l'entrefer aille en croissant suivant une loi déterminée de part et d'autre de l'entrefer.

» Traçons des rayons faisant entre eux des angles successifs tous égaux à 1°5' de part et d'autre de la ligne des pôles, et cherchons quelle devra

être la hauteur de l'entrefer le long de chacun de ces rayons, en supposant que :

» 1° Toutes les réluctances soient négligeables devant celle de l'entrefer;

» 2° La direction du flux coïncide à chaque instant avec celle de ces rayons.

» Les forces magnétisantes développées le long de chacun d'eux par les courants déwattés circulant dans les circuits de l'anneau compris entre eux et la ligne des balais seront successivement égales à

$$49,4 \times \frac{108}{\pi} \sin 90^\circ = 1700 \text{ amp.-tours suivant le rayon confondu avec la ligne des pôles.}$$

1700 sin 81° = 1680 amp.-t. suivant le rayon faisant un angle de 1°30' avec le précédent.

1700 sin 72° = 1620	»	»	3°	»
1700 sin 63° = 1510	»	»	4°30'	»
1700 sin 54° = 1375	»	»	6°	»
1700 sin 45° = 1200	»	»	7°30'	»
1700 sin 36° = 1000	»	»	9°	»
1700 sin 27° = 772	»	»	10°5	»
1700 sin 18° = 526	»	»	12°	»
1700 sin 9° = 267	»	»	13°5	»

» L'intensité du flux dans l'entrefer, suivant ces divers rayons, sera successivement égale à :

1° 6000 sin 90° = 6000;	6° 6000 sin 45° = 4240;
2° 6000 sin 81° = 5920;	7° 6000 sin 36° = 3530;
3° 6000 sin 72° = 5700;	8° 6000 sin 27° = 2720;
4° 6000 sin 63° = 5350;	9° 6000 sin 18° = 1855;
5° 6000 sin 54° = 4850;	10° 6000 sin 9° = 943.

» Nous supposons que l'épaisseur minimum de l'entrefer soit de 13^{mm}.

» La force magnétisante développée par l'inducteur devra être de

$$1700 + 6000 \frac{10}{4\pi} 1.3 = 7910 \text{ ampères-tours.}$$

» Désignons par δ l'épaisseur de l'entrefer le long du rayon qui fait un angle de 1°30' avec la ligne des pôles. La force démagnétisante exercée le long de ce rayon par des courants déwattés est de 1680 ampères-tours, et l'intensité du flux doit être égale à 5920, d'où la relation

$$(7910 - 1680) \frac{4\pi}{10} = \delta \times 5920,$$

d'où

$$\delta = 13^{\text{cm}}, 1.$$

» On trouve ainsi pour les valeurs de δ :

Rayons.	δ ^{mm}	Rayons.	δ ^{mm}
1	$\delta = 13,00$	6	$\delta = 19,92$
2	$\delta = 13,20$	7	$\delta = 24,60$
3	$\delta = 13,89$	8	$\delta = 32,90$
4	$\delta = 15,00$	9	$\delta = 50,00$
5	$\delta = 16,92$	10	$\delta = 102,00$

» On trouvera, représenté en développement sur la *fig. 97*, le profil qu'il convient de donner, d'après ce qui précède, aux épanouissements polaires de l'inducteur.

» *Inducteur.* — Le flux qui doit émaner de chaque épanouissement est égal à

$$229\,200 \times 46 = 10\,300\,000 \text{ gauss.}$$

» Prévoyons un coefficient de dispersion $\delta = 1,5$ et admettons que l'induction dans chacun des noyaux soit égale à 15 000.

» Nous donnerons à ces noyaux une section de forme circulaire. Leur diamètre sera de 37^{cm}. Ces noyaux seront en acier et leurs épanouissements polaires seront venus de fonte avec eux.

» Les culasses seront en fonte et l'induction ne devra pas être supérieure à 7500.

» Le flux de chaque noyau se bifurquant en deux parties dans les culasses, nous leur donnerons une section minimum de

$$\frac{10\,320\,000}{2 \times 7500} = 1030^{\text{cm}}.$$

» Nous donnerons à ces culasses 60^{cm} de largeur et 17^{cm},2 de hauteur.

» Nous sommes ainsi conduits à donner à l'inducteur la disposition représentée sur la *fig. 99*.

» Le chemin que chaque pôle doit faire faire au flux dans l'inducteur est de :

51 ^{cm} dans la fonte,	Induction.....	7500
20 ^{cm} dans le fer,	»	15000
16 ^{cm} dans les épanouissements.	»	6000

» Nous admettrons que la force magnétisante exprimée en ampères-tours par centimètre est alors de :

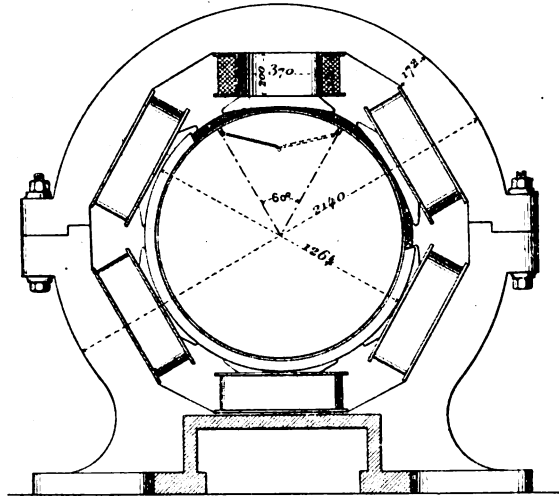
60	ampères-tours pour la fonte avec induction de	7500
14	» pour l'acier avec induction de	15000
1,2	» » »	6000

» La force magnétisante nécessaire par pôle pour faire franchir l'inducteur par le flux est donc égale à

$$51 \times 60 + 20 \times 14 + 6 \times 1,2 = 3347 \text{ ampères-tours.}$$

» Nous avons vu que la force magnétisante nécessaire pour franchir l'entrefer au flux était de 7910 ampères-tours, et nous savons que celle

Fig. 99.



nécessaire pour lui faire franchir l'anneau B est la même que pour l'anneau A.

» Elle est donc égale à

$$4,3 \times 32 + 37,5 \times 6,3 = 374.$$

» Chaque bobine de l'inducteur devra donc développer 11631 ampères-tours, soit 12000 ampères-tours en nombre rond.

» Donnons-nous 6 ampères pour notre excitation. Chaque bobine devra comporter 1000 spires. Nous emploierons pour cela du fil de 23 sur 10 ayant avec sa couverture un diamètre extérieur de 29 sur 10. Nous aurons pour ce fil :

Section.....	4 ^{mmq} ,1548
Poids en grammes par mètre.....	36,977
Résistance à chaud par kilomètre.....	4,61 ohms

» Chaque bobine se composera de 32 couches de 62 spires.

» Son diamètre extérieur sera de 57^{cm},6.

» Le diamètre de sa spire moyenne sera de 48^{cm},3.

» La longueur totale de ce fil enroulé sur l'inducteur sera de

$$6 \times 32 \times 62 \times \frac{48,3\pi}{105} = 18^{\text{km}},150.$$

» La résistance à chaud du circuit inducteur sera égale à

$$18,15 \times 4,61 = 83,75 \text{ ohms.}$$

» Sous l'influence des 550 volts développés aux barres, il passerait 6,67 ampères.

» On réglera avec un rhéostat, de manière à avoir

$$\cos \varphi = 1.$$

Chaleur dégagée dans l'inducteur.

» Avec un courant de 6 ampères, on a

$$83,75 \times 36 = 3000 \text{ watts,}$$

soit 500 watts par bobine.

» La surface de refroidissement d'une bobine peut être évaluée à

$$18 \times 48,3\pi + \frac{\pi}{4} [(57,6)^2 - (39)^2] = 4141^{\text{cm}}.$$

» La surface de refroidissement par watt dégagé est donc de $8^{\text{cm}},3$, ce qui est suffisant.

Poids de matières dans l'inducteur.

» 1^o Poids du fil

$$18,150 \times 36,677 = 672^{\text{kg}};$$

» 2^o Poids de l'acier (noyaux et épanouissements), environ

$$1350^{\text{kg}};$$

» 3^o Poids de la couronne en fonte

$$5700^{\text{kg}}.$$

V. -- RÉSUMÉ.

» 1^o Poids de matières actives :

Cuivre fil ou rubans.

Anneau fixe entourant l'anneau A.....	184
Anneau A.....	378
Anneau B.....	378
Écran.....	242
Circuit compensateur.....	124
Inducteur de l'anneau.....	672
Connecteur.....	208
Total... ..	<u>2186</u>

Fer.

Tôles de l'anneau fixe	3687 ^{kg}
Tôles de l'anneau A.....	1505
Tôles de l'anneau B.....	1505
Total.....	6697
Acier.....	1350 ^{kg}
Fonte.....	5700 ^{kg}

» 2° Pertes d'énergie :

Hystérésis et courants de Foucault.

Anneau fixe	6277 ^{kg}
Anneau A.....	2755
Anneau B.....	2755

Pertes dans le cuivre.

Anneau fixe.....	1780 ^{kg}
Anneau A.....	3640
Anneau B.....	3435
Écran.....	1998
Circuit compensateur.....	1058
Inducteur.....	3000
Connecteur.....	420
Total.....	27118

» 3° Rendement électrique :

$$\frac{300}{327,11} = 92 \text{ pour } 100.$$

VI. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

» La *fig. 100* représente une vue d'ensemble de l'appareil. Comme nous l'avons déjà dit, le collecteur est situé entre les 2 machines. Cela nous conduit à mettre au milieu le support des tiges de balais, mais c'est un avantage, car cela nous permet de diviser par deux la longueur de ces tiges et d'éviter ainsi les flexions qu'elles pourraient subir.

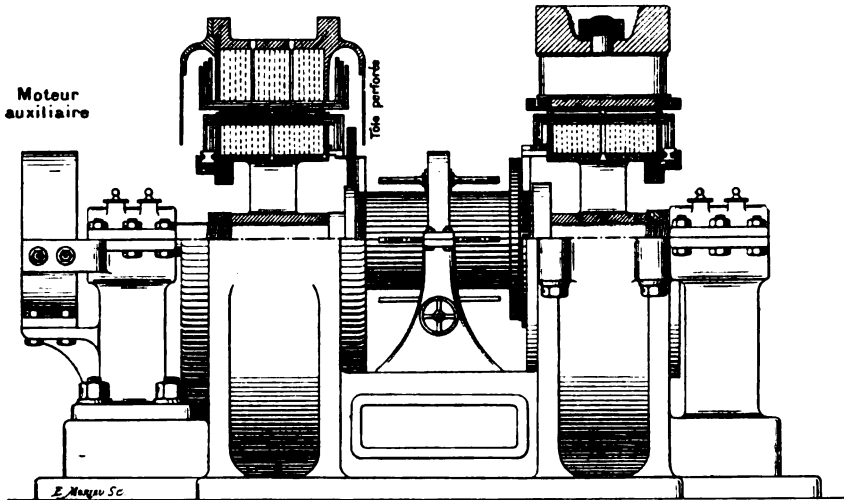
» Le collecteur a $54 \times 6 = 324$ touches. Il doit être dimensionné comme ceux des dynamos de même puissance et même voltage.

» Nous ne nous sommes pas préoccupés jusqu'à présent de la manière dont on lancerait l'appareil.

» La manière de procéder la plus simple consiste à monter sur son axe un moteur asynchrone à courant monophasé muni de son appareil de démarrage. On y enverra le courant avant de l'envoyer dans l'anneau fixe et on le laissera se mettre en pleine vitesse.

» Ce moteur auxiliaire devra avoir un induit très peu résistant afin que sa vitesse normale ne diffère que très peu de celle du synchronisme. Il devra avoir 12 pôles.

Fig. 100.



» Une fois le système lancé, il suffira d'envoyer le courant dans l'anneau fixe pour amener sa synchronisation immédiate. C'est comme cela que nous procédons avec les transformateurs-redresseurs ordinaires, lorsque nous ne pouvons exciter leurs moteurs par un courant continu fourni par une source locale.

» Une fois l'appareil lancé et synchronisé, il conviendra néanmoins de laisser le courant sur le moteur auxiliaire. Il servira à assurer la stabilité du synchronisme, qui ne saurait l'être par l'écran qui entoure l'anneau A. En effet, le flux engendré par cet anneau ayant à traverser un grand entrefer sera toujours très réduit, et il faut qu'il le soit pour que la commutation se fasse bien. On ne saurait donc compter sur lui pour produire, suivant les besoins, un couple accélérateur ou retardateur. Cette fonction sera alors remplie par le moteur auxiliaire.

ANNEXE II.

Note sur un survolteur spécial pour les transformateurs-redresseurs.

I. — BUT DE CET APPAREIL.

» Un transformateur-redresseur est branché sur un réseau servant à effectuer un transport de force et dont le voltage varie à chaque instant.

» Le courant continu fourni par ce transformateur alimente des appareils d'éclairage, et le voltage de ce courant ne doit varier qu'entre des limites beaucoup plus étroites.

» Il y a donc un réglage à effectuer, et, comme sur un réseau de transport de force les variations de voltage sont très brusques, il faut qu'il s'effectue automatiquement et par voie purement électrique.

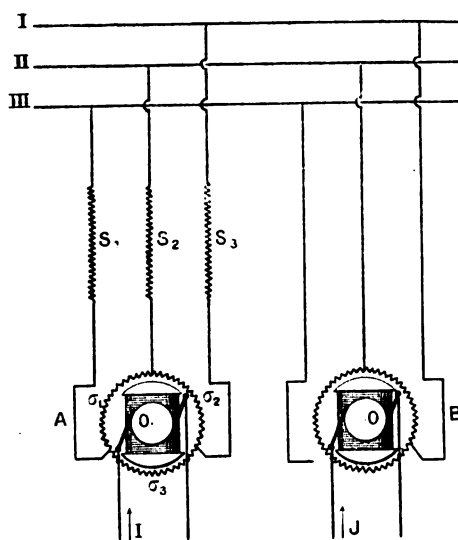
» On pourrait y parvenir en disposant un survolteur dans le circuit à courant continu, dont l'excitation varierait automatiquement. Mais cet appareil présente un grand défaut : tout le courant doit le traverser et il faut le munir d'un collecteur démesuré par rapport à sa puissance, comme si c'était une machine à galvanoplastie.

» C'est pourquoi nous avons cherché à réaliser un survolteur agissant non sur le voltage du courant continu, mais sur celui des courants alternatifs primaires du transformateur-redresseur.

II. — PRINCIPE DU SURVOLTEUR.

» Supposons, pour fixer les idées, que les courants alternatifs utilisés soient à trois phases et soient amenés par des conducteurs I, II, III (fig. 101).

Fig. 101.



» Nous avons représenté en S₁, S₂, S₃ les trois circuits primaires ou groupes de circuits primaires du transformateur.

» Nous monterons avec eux en série les trois circuits d'armature σ_1 , σ_2 , σ_3 d'un alternateur triphasé A. Ces circuits seront montés après ceux du transformateur, afin que les voltages qu'ils auront à supporter soient réduits au minimum.

» Cet alternateur sera monté sur le même axe, OO, qu'un alternateur triphasé B branché en dérivation sur le réseau, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un transformateur.

» Dans ces conditions, l'alternateur A sera assujéti à tourner synchroniquement, soit qu'il absorbe ou qu'il fournisse du travail. Si l'on fait varier son excitation, il produira une force électromotrice variable à volonté dans les circuits du transformateur, et celle-ci pourra s'ajouter au voltage du réseau ou s'en retrancher.

» Bien que cet appareil puisse servir aussi bien à diminuer le voltage des courants fournis par le transformateur-redresseur qu'à l'élever, nous l'appellerons *survolteur*, pour nous conformer à l'habitude.

» La charge de l'alternateur B monté en dérivation sur le réseau variera à chaque instant et pourra être positive ou négative. La phase du mouvement de ce moteur variera donc aussi à chaque instant. Comme les deux alternateurs sont calés sur le même axe, l'alternateur A subira les mêmes mouvements d'avance ou de retard que l'alternateur B.

» Il importe de vérifier que le service que doit remplir l'alternateur A n'en sera pas affecté.

» Appelons :

$H = h \sin 2\pi \alpha t$, le voltage du réseau;

r et l , la résistance et le coefficient de self-induction de chacun des circuits d'armature du moteur B;

$m = -\mu \cos 2\pi(\alpha t - \chi)$, le coefficient d'induction mutuelle d'un de ces circuits avec l'inducteur;

$i = a \sin 2\pi(\alpha t - \varphi)$, l'intensité du courant dans ce circuit;

J , l'intensité du courant d'excitation que nous supposerons constante.

» Nous aurons, à chaque instant,

$$h \sin 2\pi \alpha t = r a \sin 2\pi(\alpha t - \varphi) + 2\pi \alpha l a \cos 2\pi(\alpha t - \varphi) + 2\pi \alpha \mu J \sin 2\pi(\alpha t - \chi),$$

d'où l'on tire :

$$a \cos 2\pi \varphi = \frac{r(h - 2\pi \alpha \mu J \cos 2\pi \chi) + 4\pi^2 \alpha^2 \mu l J \sin 2\pi \chi}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2},$$

$$a \sin 2\pi \varphi = \frac{2\pi \alpha l(h - 2\pi \alpha \mu J \cos 2\pi \chi) - 2\pi \alpha \mu r J \sin 2\pi \chi}{r^2 + 4\pi^2 \alpha^2 l^2}.$$

» Le travail fourni par la rotation de ce circuit est égal à

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{t} \int_0^t a \sin 2\pi(\alpha t - \varphi) \times 2\pi \alpha \mu J \sin 2\pi(\alpha t - \chi) dt,$$

ou

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{2} (2\pi \alpha \mu J a) (\cos 2\pi \varphi \cos 2\pi \chi + \sin 2\pi \varphi \sin 2\pi \chi),$$

ou

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{2} \frac{2\pi\alpha\mu J}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2} [h(r \cos 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \sin 2\pi\chi) - 2\pi\alpha\mu J r].$$

» Supposons maintenant que l'on ait $2\pi\alpha l = 10r$, condition facile à réaliser en pratique, et que l'on détermine l'intensité J du courant d'excitation de manière à avoir

$$2\pi\alpha\mu J = h.$$

» L'expression du travail $\mathfrak{E}$ devient

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{2} \frac{h^2}{101} (\cos 2\pi\chi + 10 \sin 2\pi\chi - 1).$$

» Lorsque l'alternateur B tournera à vide, c'est-à-dire lorsque l'alternateur A ne sera pas excité, l'on aura

$$\cos 2\pi\chi + 10 \sin 2\pi\chi = 1,$$

d'où l'on tire

$$\tan 2\pi\chi = -0,202, \quad \text{d'où} \quad 2\pi\chi = -12^\circ.$$

» Si l'alternateur A doit fournir du travail en augmentant le voltage maintenu entre les bornes des circuits primaires du transformateur, la marche de l'alternateur B tend à être retardée, la valeur absolue de l'angle $2\pi\chi$ diminue d'abord. Si la charge continue à augmenter, cet angle devient nul, puis positif.

» Le travail fourni par l'alternateur B augmentera avec l'angle de retard $2\pi\chi$ jusqu'à ce que l'on ait

$$\frac{d\mathfrak{E}}{d(2\pi\chi)} = 0, \quad \text{ou} \quad -\sin 2\pi\chi + 10 \cos 2\pi\chi = 0,$$

d'où

$$\tan 2\pi\chi = 10, \quad \text{d'où} \quad 2\pi\chi = 84^\circ.$$

» La valeur maximum du travail $\mathfrak{E}$ sera égale à

$$\mathfrak{E}_m = \frac{1}{2} \frac{h^2}{101r} \left(\frac{1}{\sqrt{101}} + \frac{100}{\sqrt{101}} - 1 \right) = \frac{1}{2} \frac{h^2}{101r} \times 9,049.$$

» Si l'alternateur A absorbe du travail en diminuant le voltage maintenu entre les bornes des circuits primaires du transformateur, la marche de l'alternateur B tend à être avancée. L'angle $2\pi\chi$, considéré comme angle de retard, diminue de plus en plus.

» Le couple résistant développé sur l'axe de cet alternateur augmente encore jusqu'à ce que l'on ait

$$\tan 2\pi\chi = 10,$$

d'où l'on déduit

$$2\pi\chi = -96^\circ.$$

» La valeur maximum $\mathfrak{E}_m$ du travail résistant $\mathfrak{E}$ sera

$$\mathfrak{E}_m = \frac{1}{2} \frac{h^2}{101r} \left(-\frac{1}{\sqrt{101}} - \frac{100}{\sqrt{101}} - 1 \right) = -\frac{1}{2} \frac{h^2}{101r} \times 11,049.$$

» Généralement, la charge maximum que l'on fait supporter à un moteur synchrone n'est que le tiers environ de celle qui amènerait le décrochage.

» Nous supposons que la charge maximum que doit supporter l'alternateur B soit la même, au signe près, qu'il agisse comme récepteur ou comme générateur, et que l'on ait alors

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{2} \frac{h^2}{101r} \times 3.$$

» Cherchons quelles seront alors les variations extrêmes de l'angle $2\pi\chi$.

» Nous aurons dans un cas

$$\cos 2\pi\chi + 10 \sin 2\pi\chi - 1 = 3,$$

d'où

$$\tan 2\pi\chi = 0,32, \quad 2\pi\chi = 17^\circ 40';$$

dans l'autre cas

$$\cos 2\pi\chi + 10 \sin 2\pi\chi - 1 = -3,$$

d'où

$$\tan 2\pi\chi = -0,31, \quad 2\pi\chi = 17^\circ 7'.$$

» Nous pouvons prendre comme limites extrêmes des variations de l'angle $2\pi\chi$: $+18^\circ$ et -18° .

» Revenons maintenant à l'alternateur A.

» Désignons par

ρ et λ la résistance et le coefficient de self-induction de chacun de ses circuits d'armature,

$n = -\nu \cos 2\pi(\alpha t - \chi)$ le coefficient d'induction mutuelle d'un de ces circuits avec son inducteur,

$j = b \sin 2\pi\alpha t - c \cos 2\pi\alpha t$ l'intensité maximum du courant dans ce circuit,

e la différence de potentiels développée entre ses bornes,

I l'intensité du courant d'excitation.

» Nous aurons à chaque instant

$$e = \rho(b \sin 2\pi\alpha t - c \cos 2\pi\alpha t) + 2\pi\alpha\lambda(b \cos 2\pi\alpha t + c \sin 2\pi\alpha t) \\ + 2\pi\alpha\nu I \sin 2\pi(\alpha t - \chi),$$

ou

$$e = (\rho b + 2\pi\alpha\lambda c + 2\pi\alpha\nu I \cos 2\pi\chi) \sin 2\pi\alpha t \\ + (2\pi\alpha\lambda b - \rho c - 2\pi\alpha\nu I \sin 2\pi\chi) \cos 2\pi\alpha t.$$

» Pour $2\pi\chi = 18^\circ$, nous aurons

$$\sin 2\pi\chi = 0,309, \quad \cos 2\pi\chi = 0,951.$$

d'où :

» 1^o Si l'alternateur A agit comme survolteur,

$$e = (\rho b + 2\pi\alpha\lambda c + 2\pi\alpha\nu I \times 0,951) \sin 2\pi\alpha t \\ + (2\pi\alpha\lambda b - \rho c - 2\pi\alpha\nu I \times 0,309) \cos 2\pi\alpha;$$

» 2^o S'il agit comme sous-volteur,

$$e = (\rho b + 2\pi\alpha\lambda c + 2\pi\alpha\nu I \times 0,951) \sin 2\pi\alpha t \\ + (2\pi\alpha\lambda b - \rho c + 2\pi\alpha\nu I \times 0,309) \cos 2\pi\alpha t;$$

» Dans le premier cas, la composante de forme $e_1 \sin 2\pi\alpha t$ de la force électromotrice e devra être de signe contraire à l'intensité b . L'intensité I sera négative. Dans le second cas, cette composante devra être de même signe que l'intensité b . L'intensité I sera positive.

» Donc, dans les deux cas, la composante de forme $e_2 \cos 2\pi\alpha t$ de la force électromotrice aura la même valeur.

» Cette dernière composante sera toujours petite par rapport à la force contre-électromotrice développée dans le circuit primaire correspondant du transformateur, et ses effets pourront être négligés.

» C'est la première composante qui agira. Nous voyons qu'il convient de multiplier, dans les cas extrêmes, par $\frac{1}{0,951} = 1,05$, soit augmenter de 5 pour 100 l'intensité du courant d'excitation de l'alternateur A. C'est à cela que se réduiront les effets des mouvements d'avance ou de retard du moteur B. Ils sont insignifiants.

» En résumé, supposons que nous ayons à faire à un transformateur de 100 kilowatts fonctionnant sous un voltage variant entre 4750 et 5250 volts.

» Le coefficient de transformation du transformateur sera réglé pour le voltage de 5000 volts.

» Le moteur A devra prendre ou fournir à ses circuits d'armature un travail maximum de 5 kilowatts.

» Donc le survolteur devra être constitué par la réunion de deux moteurs de 5 kilowatts.

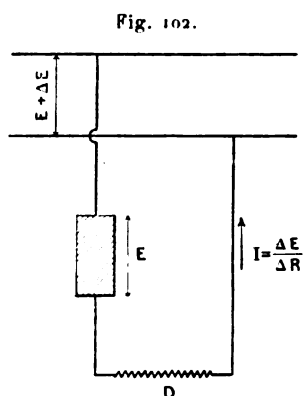
» Le moteur B devra être excité par un courant d'intensité constante. On branchera son inducteur en dérivation sur le réseau à courant continu. Plus le flux qui sera développé en lui tendra à varier lentement, plus sa marche sera stable. Aussi nous munirons son inducteur de circuits amortisseurs.

» Quant au moteur A, il faudra, au contraire, que le flux dont il sera le siège puisse varier très rapidement. Non seulement il ne devra pas être

muni d'amortisseurs, mais toutes ses masses de fer devront être lamellées, et le rapport du coefficient de self-induction de son circuit inducteur à la résistance de ce circuit devra être rendu aussi petit que possible.

III. — EXCITATION AUTOMATIQUE DU SURVOLTEUR.

1. *Principe.* — Supposons que l'on dispose d'une source de force électromotrice E , continue, de grandeur constante et égale au voltage que l'on veut développer sur le réseau à courant continu. Un circuit XDY (fig. 102)



comprenant cette source de force électromotrice, et monté en dérivation sur le réseau, ne sera le siège d'aucun courant tant que ce dernier aura son voltage normal. Si ce voltage vient à varier, le circuit sera parcouru par un courant d'un sens si le voltage a augmenté, et par un courant d'un autre sens si le voltage a diminué.

» Nous pouvons nous servir de ces courants pour exciter l'inducteur D de l'alternateur A , en disposant convenablement du sens dans lequel ils le traversent.

» Si la résistance totale du circuit n'a qu'une valeur infiniment petite ΔR , il suffira d'une variation de voltage aussi infiniment petite ΔE pour produire le courant d'intensité I , capable de faire fonctionner le survolteur dans tous les cas.

» Il faut :

» 1° Que l'on dispose d'une source de force électromotrice constante;
 » 2° Que les choses se passent comme si la résistance du circuit comprenant cette source et l'inducteur de D l'alternateur A avait une valeur extrêmement petite, bien que l'intensité du courant d'excitation nécessaire soit très petite par rapport à celle du courant continu fourni par le transformateur-redresseur.

» Nous y parviendrons de la manière suivante :

» Dans toutes les installations électriques, que les génératrices soient

conduites par des machines à vapeur ou par des turbines, on peut toujours compter sur la constance de la fréquence des courants engendrés. La vitesse de rotation de notre survolteur sera donc constante, et il suffira de disposer sur son axe une petite machine à courant continu dont le circuit magnétique sera très fortement saturé, pour avoir la source de force électromotrice constante qui doit nous servir de témoin.

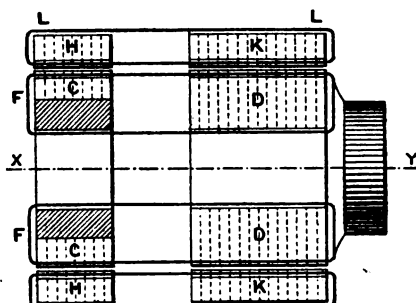
» Mais cette machine aura une armature résistante, et une variation de voltage très petite du réseau ne la fera traverser que par un courant d'intensité très petite, insuffisante pour déterminer le fonctionnement de l'alternateur A.

» Il faut donc que cette machine soit accompagnée d'un servo-moteur.

» Nous confondrons la machine avec le servo-moteur de la manière suivante.

» 2. *Réalisation.* — Sur un même axe XY (fig. 103), nous disposerons deux anneaux C et D, que recouvrira un même enroulement FF de machine à courant continu aboutissant à un collecteur G.

Fig. 103.



» L'anneau C sera soumis à l'action d'un inducteur H, dont la bobine de champ sera montée en dérivation sur le réseau à courant continu. Le circuit magnétique de l'inducteur H et de l'anneau devra toujours être très fortement saturé, de manière que les variations du voltage E du courant continu ne puissent avoir aucune influence appréciable sur la grandeur du flux développé en travers de l'anneau C.

» L'anneau D sera soumis à l'action d'un inducteur K, dont la bobine de champ sera montée en série dans le circuit branché sur le réseau à courant continu, qui comprendra l'armature de cette machine et l'inducteur de l'alternateur A du survolteur.

» Dans ces conditions, si nous désignons par M et N deux constantes, par I l'intensité du courant qui traversera la machine, si nous supposons qu'on la fasse tourner toujours à la même vitesse en la montant sur l'axe du survolteur, et si nous appelons I l'intensité du courant qui la traversera, la force électromotrice, développée entre ses balais, aura une expres-

sion de la forme $M + NI$. Désignons maintenant par R la résistance totale du circuit branché sur le réseau à courant continu en désignant par E une constante, nous aurons à chaque instant

$$(E + \Delta E) + M + NI = RI,$$

d'où

$$I = \frac{(E + M) + \Delta E}{R - N}.$$

» Nous ferons $M = -E$. Il prendra alors

$$I = \frac{\Delta E}{R - N}.$$

Les choses se passeront comme si la résistance R du circuit était devenue égale à $R - N$. Comme nous pouvons disposer à volonté de la constante N , nous pourrions rendre cette résistance apparente aussi petite que nous voudrions, et, par suite, déterminer le passage du courant d'intensité I nécessaire pour exciter l'alternateur A du survolteur au moyen de variations de voltage extrêmement petites.

» La résistance $(R - N)$ ne devra jamais être négative, sans quoi la machine s'amorcerait d'elle-même, et l'intensité I ne dépendrait plus seulement des variations de voltage ΔE .

» Si nous représentons par I_m l'intensité maxima du courant qui doit traverser l'inducteur A , la quantité de travail maximum qu'aura à développer l'excitatrice à courant continu sera égale à

$$RI_m^2 + EI_m.$$

» La dépense du travail RI_m^2 représente celle que nécessite l'excitation proprement dite de l'inducteur A .

» La quantité supplémentaire EI_m représente ce que nous pouvons appeler le *coût de l'automaticité*.

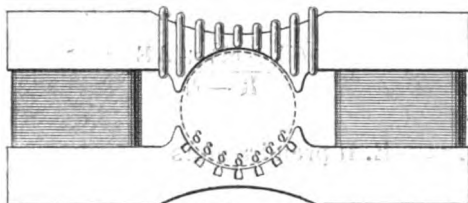
» Il importe de réduire cette dernière. Nous y parviendrons en enroulant avec du fil très fin l'inducteur de l'alternateur A de manière à réduire l'intensité I .

» Nous devons donc faire produire par l'excitatrice à courant continu un voltage aussi élevé que possible. Le fonctionnement de cette excitatrice sera d'autant mieux assuré qu'elle aura moins de réaction d'induit. Il y a donc intérêt à l'annuler complètement en appliquant la méthode dite de *Fischer-Hinnen* ou de *Ryan*.

» Dans ce but, nous pratiquerons des cannelures longitudinales S, S, S , dans les épanouissements polaires des inducteurs H et K , dans le voisinage immédiat de l'entrefer (*fig. 104*), et, dans ces canelures, nous dis-

poserons un enroulement constitué, par exemple, avec des bobines du genre Gramme, comme il est représenté sur la *fig. 103* et à la partie supérieure de l'inducteur de la *fig. 104*.

Fig. 104.

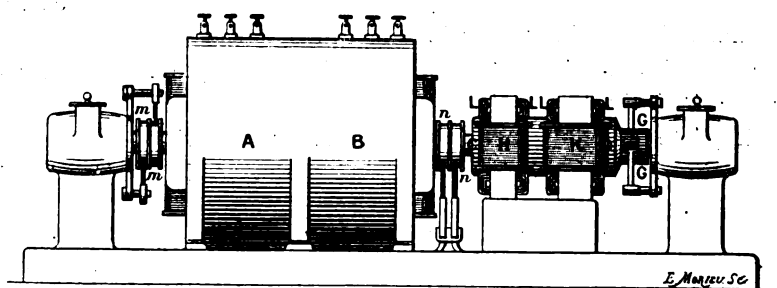


» Cet enroulement devra comporter le même nombre de spires que celui de l'armature, pour que, une fois monté en série dans le circuit fermé sur les balais du collecteur G, il puisse développer à chaque instant, suivant toute direction, une force magnétisante égale et de signe contraire à celle développée par l'armature.

» Enfin, dans tout ce qui précède, nous ne nous sommes préoccupé que de maintenir constant le voltage du courant continu. Il y aura lieu quelquefois de le faire monter légèrement avec le débit du courant continu.

» Il suffira pour cela de donner un double enroulement à l'inducteur H de l'anneau C de l'excitatrice. Le premier enroulement sera branché sur le réseau à courant continu et devra toujours être capable de saturer fortement le circuit magnétique qu'il enveloppe. Le second enroulement sera monté en série dans le circuit à courant continu. On pourra toujours lui donner assez de spires pour que, malgré la saturation, la constante que nous avons appelée M puisse augmenter légèrement avec le débit.

Fig. 105.



» Les flux devant varier très rapidement dans l'anneau D et l'inducteur K de l'excitatrice, il conviendra non seulement de lameller toutes les masses de fer, mais de donner aussi peu de fil que possible à leurs circuits en les faisant agir sur des circuits magnétiques très perméables, cela dans le but de rendre minimum la self-induction de ces circuits.

» Le système que nous venons de décrire peut s'appliquer non seulement aux transformateurs-redresseurs, mais aussi à toute commutatrice à courants polyphasés ou monophasés.

» 3. *Mode de réalisation.* — Nous représentons un survolteur conçu d'après les principes précédents sur la *fig.* 105.

» Nous avons supposé que les deux alternateurs A et B étaient à quatre pôles, et logés dans une même carcasse AC. Le courant d'excitation de l'alternateur A lui est envoyé par deux bagues *mm*, et celui de l'alternateur B lui est envoyé par deux bagues *nn*.

» Sur le même axe que ces alternateurs est disposée l'excitatrice de l'alternateur A, que l'on voit représenté en élévation sur la *fig.* 105.

IV. — MONTAGE D'UN TRANSFORMATEUR-REDRESSEUR ET DE SON SURVOLTEUR.

» Connaissant les accessoires qui doivent accompagner un transformateur-redresseur, nous n'avons plus qu'à donner la description du montage général du système.

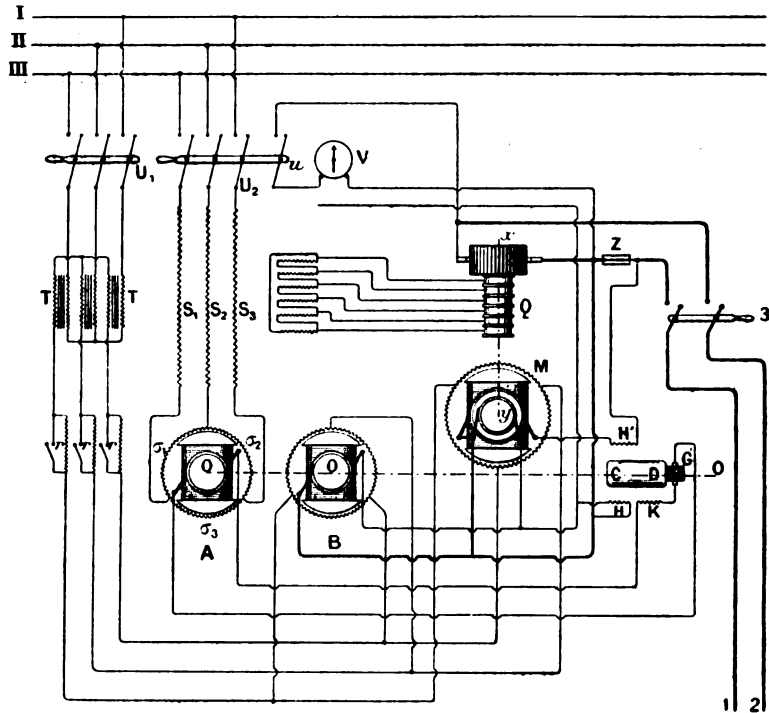
» Nous supposons qu'il s'agisse d'un appareil à courants triphasés.

» Nous avons représenté, sur la *fig.* 106, par

- s*₁, *s*₂, *s*₃ les trois circuits primaires du transformateur-redresseur;
- P ses circuits secondaires;
- Q son collecteur et ses bagues;
- M le moteur du redresseur calé sur le même axe XY que le collecteur et les bagues Q;
- AB et CD les alternateurs A et B et l'excitatrice CD du survolteur, tous calés sur un même axe OOO;
- T un transformateur auxiliaire à courants triphasés, destiné à desservir le moteur M et l'alternateur B;
- r*, *r*, *r* trois résistances intercalées dans les circuits secondaires du transformateur T, munies chacune d'un dispositif permettant de les mettre en court circuit;
- U₁, U₂ deux interrupteurs pour courants triphasés, intercalés dans les circuits primaires du transformateur T et du transformateur-redresseur;
- u* interrupteur permettant de brancher sur le réseau à courant continu l'inducteur de l'alternateur B, le circuit en dérivation de l'inducteur du moteur M, et le circuit inducteur H de l'excitatrice. Cet interrupteur doit être manœuvré en même temps que l'interrupteur U₁, et leurs manœuvres sont rendues solidaires, comme il est indiqué sur la *fig.* 106;
- V voltmètre à circuit permanent avec zéro au milieu de la graduation, pouvant servir d'indicateur de phase. Ce voltmètre est monté en dérivation dans le circuit qui dessert l'inducteur de l'alternateur B.... Il doit être installé avant l'interrupteur *u*, comme il est représenté sur la *fig.* 106;

Z résistance intercalée dans le circuit à courant continu. Cette résistance très petite sera normalement constituée par un coupe-circuit en plomb fusible. Entre ses deux extrémités sera branché un circuit comprenant le circuit en série de l'inducteur du moteur **M**, et le circuit en série **H'** de l'inducteur de l'anneau **C** de l'excitatrice. Un des conducteurs de ce circuit indiqué par un trait renforcé sur la *fig. 106* servira de retour

Fig. 106.



commun à ce circuit et à celui qui alimente les circuits en dérivation de l'inducteur du moteur **M**, le circuit inducteur du moteur **B** et le circuit inducteur **H** de l'excitatrice;

1, 2 conducteurs de réseau à courant continu;

3 Interrupteur bipolaire du circuit de distribution du courant continu.

» Dans la disposition précédente, nous avons supposé que le moteur **M** était desservi par un transformateur spécial, au lieu de l'être par les circuits secondaires du transformateur-redresseur. L'expérience nous a démontré que ces deux dispositions étaient équivalentes, l'influence des fuites du transformateur étant toujours petite par rapport à celle de la self-induction des circuits d'armature de la génératrice. Or, la première est plus commode.

V. — MANŒUVRES POUR LA MISE EN ROUTE ET L'ARRÊT.

» Pour mettre le système en route, on procédera de la manière suivante :

» Les résistances r, r, r étant mises en circuit, on fermera l'interrupteur U_1 . Le moteur M et l'alternateur B , qui sont tous deux munis de circuits avertisseurs, démarreront comme des moteurs à champ tournant, et les résistances r, r, r empêcheront le courant de démarrage de prendre une intensité capable de produire un à-coup sur le réseau.

» Une fois le moteur M et l'alternateur B lancés, on mettra ces résistances en court circuit.

» Le voltmètre V sera le siège de battements, car il mesurera la force électromotrice développée dans le circuit inducteur en dérivation du moteur M par le glissement du champ.

» Lorsque l'aiguille passera par zéro en allant, par exemple, de gauche à droite, cela voudra dire que le flux qui coupe l'inducteur passe par un maximum, et qu'il a une direction déterminée. Si le flux que doit développer le courant continu qui devra circuler normalement dans ce circuit a la même direction, on profitera du moment où l'aiguille du voltmètre V passera devant le zéro, en allant de gauche à droite, pour fermer les interrupteurs U_2 et u . L'expérience montre que, dans ces conditions, la synchronisation du moteur M et de l'alternateur B est immédiate.

» Cela fait, il n'y a plus qu'à fermer l'interrupteur bipolaire 3, et à abandonner le système à lui-même.

» Pour arrêter l'appareil, il faut :

» Ouvrir 1° l'interrupteur 3, 2° les interrupteurs U_2 et u , 3° l'interrupteur U_1 . »



BIBLIOGRAPHIE.

Analyses électrolytiques; par M. MINET (Adolphe), Ingénieur, Directeur du journal *L'Électrochimie*. Petit in-8. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*.) Paris, Gauthier-Villars; 1899.

Plusieurs Ouvrages du même Auteur sur les questions électrochimiques ont déjà paru dans l'Encyclopédie des Aide-Mémoire : *Théorie de l'Électrolyse*; *l'Électrochimie. Production électrolytique des composés chimiques*; *Électrométallurgie. Voie humide et voie sèche. Phénomènes électrothermiques : les fours électriques et leurs applications*.

Ce nouveau Volume vient donc compléter une étude d'ensemble sur l'Électrochimie; en l'écrivant, M. Minet a pensé qu'il pourrait être lu par des chimistes peu familiarisés avec cette science; aussi en a-t-il rappelé quelques principes, de façon que l'opérateur ait une conception nette des bases sur lesquelles s'appuient les méthodes d'*analyses électrolytiques* mises en pratique.

Après avoir fait un historique rapide de la question, l'Auteur passe en revue les principaux appareils : sources d'électricité, instruments de mesure et de réglage, appareils électrolytiques, etc., généralement appliqués dans l'analyse par électrolyse.

Il s'occupe ensuite de l'*analyse qualitative* et de l'*analyse quantitative des métaux* pour lesquelles l'électrolyse n'a eu que des applications très limitées.

M. A. Minet s'étend longuement sur l'*analyse électrolytique quantitative* des métaux individuels, c'est-à-dire des métaux se trouvant isolés à l'état de dissolution et sur la *séparation et le dosage* des métaux mélangés à l'état de sels dissous.

Pour chacune de ces parties, les méthodes décrites par l'Auteur ont déjà reçu la consécration de la pratique. Le dernier Chapitre est consacré à la *séparation et au dosage* des métaux à l'état d'alliages. M. A. Minet y rappelle les recherches intéressantes de M. Hollard sur les analyses par voie électrolytique des cuivres, bronzes, laitons et plombs industriels.

En résumé, ce Volume est très documenté, il sera lu avec intérêt par les électriciens et avec fruit par les chimistes.



INFORMATION.

Concours pour un coffret avec prise de courant universelle pour les automobiles électriques.

En exécution du programme élaboré et publié le 3 novembre 1898 par une Commission mixte nommée par le Syndicat professionnel des Industries électriques, l'Association amicale des Ingénieurs-Électriciens, l'Automobile-Club de France et le Syndicat des Usines d'Électricité, dans le but de déterminer les conditions dans lesquelles les automobiles pourront se ravitailler en énergie électrique, quatre concurrents ont répondu à l'appel de la Commission pour le concours de coffret avec prise de courant universelle. Ce concours a été clos le 1^{er} mai 1899, après prorogation de deux mois accordée sur la demande de la majorité des concurrents.

Voici le Rapport résumant les conclusions de la Commission spéciale chargée d'étudier les appareils présentés et de distribuer le prix :

Les appareils présentés au concours répondent tous techniquement aux conditions du programme d'une façon presque complète, souvent même avec d'heureuses additions, telles que le paiement préalable ou l'enregistrement graphique de l'énergie fournie depuis le commencement de la mise en charge. On pourrait seulement leur reprocher leur prix élevé, prix qui varie entre 700^{fr} et 1350^{fr}, raccords non compris.

La prise de courant universelle a été moins bien comprise et moins bien étudiée. La Commission ne saurait recommander aucune de celles présentées par les concurrents. Les unes sont trop lourdes, les autres trop encombrantes; d'autres se composent de deux prises distinctes qui, dans les manœuvres, peuvent se mettre en contact et créer des courts-circuits.

Le problème de la prise de courant universelle pour automobiles reste donc encore à résoudre.

Après examen, la Commission est d'avis de partager le prix de 400^{fr} entre deux des quatre concurrents *ex æquo*, de la façon suivante :

1^o Deux cents francs aux appareils présentés sous le signe distinctif : Σταθμος. Ces appareils, qui seront décrits ultérieurement, sont très bien étudiés, très ingénieux et très complets. Leur prix est, malheureusement, très élevé (1350^{fr}, sans les raccords). La prise de courant, lourde et volumineuse, peut mettre éventuellement un des pôles de l'installation électrique ou de la batterie en charge à la terre, ce qui est un inconvénient;

2^o Deux cents francs au coffret présenté sous le signe distinctif : 816 — 1. Cet appareil bien étudié répond exactement aux conditions du programme, et son prix est le moins élevé de tous (700^{fr} à 850^{fr}). La prise de courant concentrique est bien

isolée, mais elle est trop volumineuse et encombrante, les câbles sont trop gros et pas assez souples.

Les coffrets présentés sous le signe : $C \frac{de}{5} C$ sont ingénieux et d'un petit volume, mais les organes de manœuvre sont complexes, trop resserrés, d'une surveillance et d'un entretien difficiles. La prise de courant est double et peut laisser facilement établir des courts-circuits.

Le coffret présenté sous le signe distinctif : Φ est lourd, trop en saillie et incomplet : il y manque un ampère-mètre indispensable pour le réglage de la charge, la plupart des voitures en service n'en ayant pas. Son prix de 1000^{fr} semble également élevé, eu égard au petit nombre d'organes que l'appareil comporte.

Ces conclusions de la Sous-Commission spéciale composée de MM. E. Sartiaux, E. Hospitalier et E. Geoffroy ont été approuvées par la Commission dans sa séance du 25 juillet 1899.

Le Rapporteur de la Sous-Commission,

E. HOSPITALIER.

L'ouverture des plis cachetés portant les signes distinctifs des appareils primés et renfermant les noms de concurrents a donné les résultats suivants :

1^o Σταθμος. Appareils présentés en collaboration par la Compagnie générale des travaux d'éclairage et de force (anciens établissements Clémanson) et la Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs à gaz et autres appareils. Prix de deux cents francs ;

2^o 816 — 1. Appareil présenté par la Société anonyme pour le travail électrique des métaux. Prix de deux cents francs.

Paris, le 25 juillet 1899.

Le Président de la Commission,

E. SARTIAUX.

Le Rapporteur du concours,

E. HOSPITALIER.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Compteur volt-heure-mètre O'Keenan, dit *Compteur O'K* (M. C.-E. O'Keenan), p. 391. — Variation de la résistance du platine en fonction de la température (M. C. Raveau), p. 410.

BIBLIOGRAPHIE, p. 430.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 434.

INFORMATIONS, p. 440.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 8 novembre 1899 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. J. VIOLLE

La séance est ouverte à 8^h 35^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société et des demandes d'admission suivantes :

⁽¹⁾ La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Bertin (André-Eugène-Gabriel), Ingénieur civil, Directeur commercial de la *Maison George Ellison*, 41, rue Boursault, à Paris. — Présenté par MM. E. Sartiaux et X. Gosselin.

Boisserand (Philibert), Directeur de la Station centrale d'Électricité de Compiègne, 26, rue de Belzunce, à Paris. — Présenté par MM. J. Violle et H. Fontaine.

Bourguignon (Paul), Sous-Chef des travaux à l'École supérieure d'Électricité, 34 bis, boulevard Saint-Marcel, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et H. Chaumat.

Nelson-Uhry (Emmanuel), Ingénieur de la Classe 28, Exposition universelle de 1900, 13, rue Montessuy, à Paris. — Présenté par MM. F. Meyer et X. Gosselin.

Yesares Blanco (Ricardo), Ingénieur-électricien, Monteleone 27, 2 Deha, à Madrid (Espagne). — Présenté par MM. J. Violle et X. Gosselin.

Schindler (Antoine), 66, rue Gay-Lussac, à Paris. — Présenté par MM. A. Sabourain et X. Gosselin.

Vaublanc (Charles-Pierre-Marie-Émilien de), Ingénieur à la *Compagnie électrique coloniale*, Château de Mimande, par Chaudenay (Saône-et-Loire). — Présenté par MM. P. Janet et H. Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. J. JASPAR, J. KORDA et G. TISSANDIER et associe la Société aux regrets qu'ont causés ces pertes cruelles.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

COMPTEUR VOLT-HEURE-MÈTRE O'KEENAN DIT « COMPTEUR O'K ».

M. C.-E. O'KEENAN. — « Messieurs, l'appareil que j'ai l'honneur de vous présenter ce soir repose sur deux principes, connus depuis longtemps, que je vais rappeler brièvement :

» Le premier de ces principes est celui de la *proportionnalité de la force électromotrice d'une machine magnéto-électrique à la vitesse angulaire de l'induit*.

» M. Joubert, en faisant fonctionner une machine magnéto-électrique à différentes vitesses, a mesuré autrefois la force électromotrice à l'aide d'un électromètre absolu de M. Mascart, afin d'éliminer les perturbations du flux de l'aimant, causées par le passage du courant dans l'induit. Il a ainsi obtenu le Tableau suivant :

Expériences de M. Joubert.

Vitesses angulaires en tours-minutes.	Force électromotrice en volts.
500	103
720	145
1070	208

» Ces résultats ont fourni le diagramme correspondant (*fig. 0*), qui indique une proportionnalité satisfaisante; cette proportionnalité aurait été absolument parfaite si l'induit n'avait été le siège de courants parasites.

» Le second principe est celui du *rendement maximum d'un moteur magnéto-électrique*.

» Pour fixer les idées, désignons par

U la différence de potentiel aux bornes du moteur;

e sa force contre-électromotrice;

ω sa vitesse angulaire;

k une constante de construction;

r la résistance ohmique de l'induit;

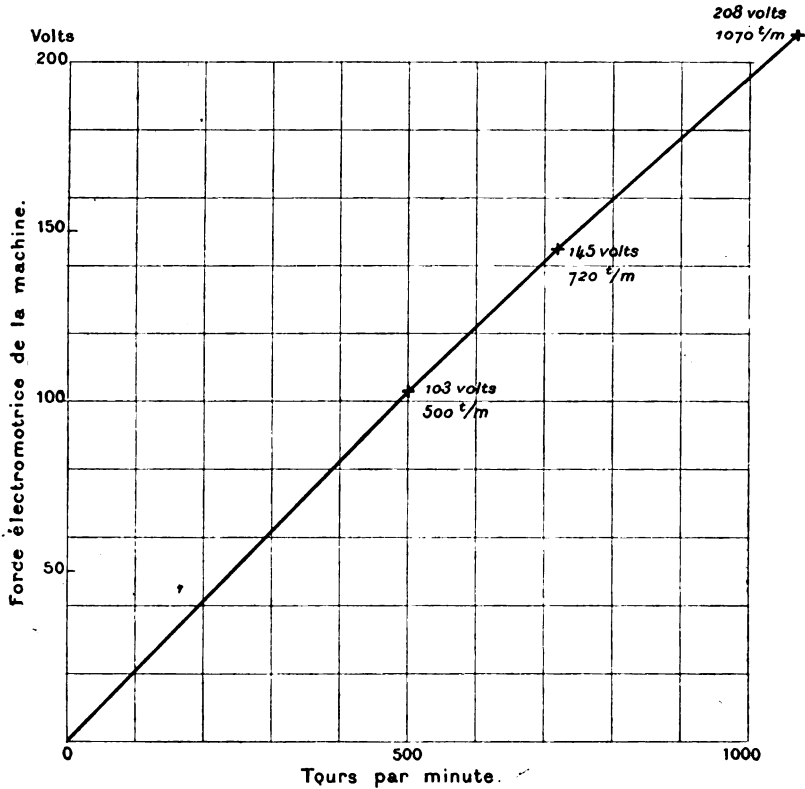
i l'intensité du courant dans l'induit.

» Le rendement d'un moteur magnéto-électrique s'exprime, comme on sait, par le quotient $\frac{e}{U}$, lequel se trouve maximum pour

$$\frac{e}{U} = 1 \quad \text{ou} \quad e = U;$$

c'est le cas de la réversibilité théorique.

Fig. o.



Machine magnéto-électrique. — Expériences de M. Joubert avec un électromètre absolu de M. Mascart.

» Or, d'après le premier principe de proportionnalité énoncé plus haut, $e = k\omega$, d'où il suit que $U = k\omega$, ou que $\omega = \frac{1}{k} U$.

» C'est-à-dire que la vitesse angulaire du moteur est proportionnelle à la chute de potentiel à ses bornes; or, dans ce cas, en vertu de la loi d'Ohm, on a :

$$i = \frac{U - e}{r} = \frac{0}{r} = 0;$$

ce qui implique :

$$\text{charge du moteur} = ei = 0.$$

C'est la condition de réversibilité parfaite avec un rendement de 100 pour 100.

» Donc, *lorsque dans un moteur magneto-électrique le rendement est maximum, la charge est nulle et la vitesse angulaire ω de l'induit est rigoureusement proportionnelle à la chute de potentiel U à ses bornes*; il s'ensuit que, dans ce cas, le nombre de révolutions de l'induit est *rigoureusement proportionnel* au produit de la chute de potentiel à ses bornes par le temps, soit enfin aux volts-heures à ses bornes. Si l'on totalise le nombre de ces révolutions par une minuterie, on constituera donc un volt-heure-mètre.

» Pour réaliser un moteur à charge pratiquement nulle, il faudra d'abord faire tourner le moteur à vide, et par conséquent ne l'atteler à aucune espèce de frein; et de plus il faudra le construire de façon à éliminer le plus possible toutes les pertes par travail intérieur; par hystérésis, par courants de Foucault, dans l'induit ou les parties voisines, par courants parasites dus à des dissymétries du bobinage d'induit, ou enfin par puissance passive (frottements aux paliers, aux balais, etc.) Ces différentes pertes seront évitées si l'appareil ne contient ni fer mobile, ni parties pouvant produire des courants tourbillonnaires, et si les frottements sont atténués par une construction soignée. Dans les pertes ci-dessus, l'effet Joule a été omis, vu la petitesse de l'intensité i , qui entre au carré dans le terme ri^2 , et en fait en quelque sorte un infiniment petit du second ordre.

» Pour que le moteur magnéto-électrique donne les meilleurs résultats possibles dans le cas présent, il faut que l'induit soit bobiné en fil de bonne conductibilité (cuivre électrolytique, par exemple), et, que le flux de l'aimant qui le baigne, soit le plus fort possible afin d'obtenir un bon démarrage et d'éviter l'influence des champs extérieurs.

» Nous allons maintenant décrire une des formes du compteur-moteur construit d'après ces données : les conditions de rendement maximum y sont sensiblement *réalisées*, puisque le quotient $\frac{e}{U}$ y dépasse parfois 99 pour 100.

» E, est un puissant aimant d'acier (*fig. 1*) en forme d'U; entré ses branches se place un petit induit F en forme de cloche, constitue

Fig. 1.

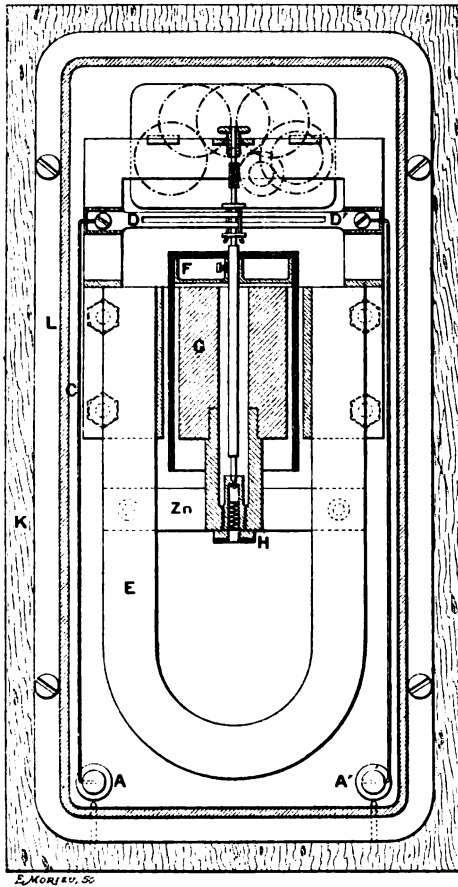


Fig. 2.

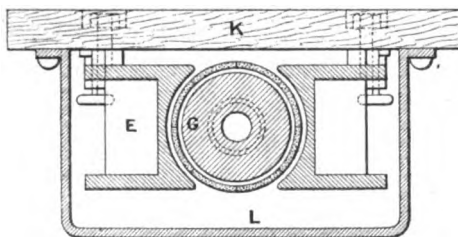
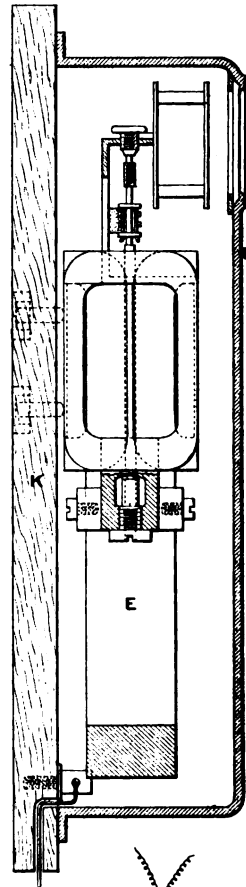


Fig. 3.

Fig. 4.



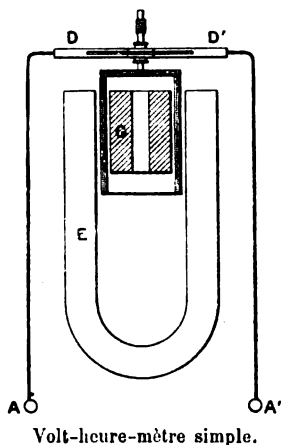
Compteur O'Keenan dit O'K.

uniquement par un bobinage de fils de cuivre recouverts de soie, formé de galettes semi-cylindriques semblables à celles représentées

à part (*fig. 4*) et dont les extrémités communiquent entre elles et avec les lames d'un petit collecteur, suivant la méthode d'enroulement en tambour des dynamos Siemens et Halske à courant continu. Ces galettes, superposées et collées à la gomme laque, forment un tout bien compact, indéformable et léger tout à la fois. A l'intérieur de cet induit se trouve un cylindre de fer doux ou *concentrateur des lignes de force* G, fixe dans l'espace, qui a pour but de diminuer la réluctance du circuit magnétique, tout comme celui du galvanomètre classique *Deprez-d'Arsonval*. L'induit est en forme de cloche, c'est-à-dire évidé à la partie inférieure, afin de permettre le libre passage de la pièce métallique (non magnétique) soutenant le concentrateur; de cette façon, à l'encontre de ce qui se passe dans les tambours Siemens dont les fils sont enroulés sur des noyaux de fer mobiles avec lesquels ils font corps, dans ce moteur, il n'y a aucun phénomène d'hystérésis pendant la rotation.

» L'arbre supportant l'induit repose à sa partie inférieure sur une crapaudine de rubis ou de saphir, faisant corps avec une vis H, tandis que sa partie supérieure se trouve maintenue par un palier I; enfin, une vis sans fin J, faisant corps avec l'arbre, engrène avec le premier mobile d'une minuterie dont le rôle est de totaliser le nombre de révolutions de l'induit.

Fig. 1 bis.

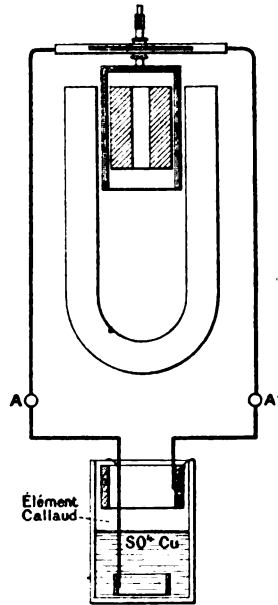


» Les petits balais D, D' qui appuient sur le collecteur sont respectivement en communication avec deux bornes A et A', entre lesquelles l'on veut compter les volts-heures.

» Ce compteur, tel qu'il vient d'être décrit, se prête à plusieurs applications dont nous allons passer quelques-unes en revue.

» I. *Volt-heure-mètre*. — Si l'on branche les bornes A et A' du moteur (*fig. 1* et *1 bis*) en dérivation aux bornes d'une pile à force électromotrice constante, on constitue ainsi un *heure-mètre* (*fig. 5*); vu la faiblesse extrême de l'intensité nécessaire à la rotation, un

Fig. 5.



Volt-heure-mètre-horloge.

élément de faible capacité peut faire fonctionner l'heure-mètre pendant un temps très long; dans ce dernier cas, la minuterie doit être graduée en heures, minutes, etc. : l'on obtient de cette façon une *horloge* fonctionnant théoriquement des années sans qu'il soit besoin d'y toucher.

» *Expériences*. — Voici sous vos yeux, Messieurs, un compteur semblable à celui que je viens de décrire (*fig. 1*), sauf que l'aimant est renversé et qu'il est muni de masses polaires qui diminuent la réluctance et ferment l'aimant pour assurer la permanence de son flux. Si je lance dans cet appareil le courant d'un élément *endoxyque*, le moteur se met aussitôt à tourner, sa force contre-électromotrice empêche pour ainsi dire le courant de passer, et l'appareil ne con-

somme que 4 dix-millièmes d'ampère environ, en tournant à *deux tours par seconde*, sous l'influence des 0,5 volt de la pile.

» Le présent moteur n'a pas été construit avec des soins particuliers : c'est le modèle industriel ordinaire, mis seulement sous un globe de verre pour permettre d'en observer plus facilement le jeu et les organes.

» Une pile Leclanché, donnant 1,5 volt environ, fait tourner le moteur à une vitesse angulaire de six tours par seconde, c'est-à-dire trois fois plus grande que celle qui est adoptée pratiquement jusqu'ici dans ces compteurs ; je me sers de cette source bien connue et trop forte, relativement, pour montrer plus clairement la sensibilité de l'appareil.

» Voici, maintenant, l'*horloge*, fonctionnant d'après ces données avec un élément endoxyque O'K de 0,5 volt, et constituée provisoirement par un compteur du type industriel ordinaire, muni d'un cadran divisé en heures.

» La pile O'K ayant une capacité de 10 à 12 ampères-heures (avec la plaque de plomb que voici), et le courant dans le compteur étant de $\frac{3}{10000}$ à $\frac{1}{10000}$ d'ampère, la *charge* de l'élément doit théoriquement suffire pour un fonctionnement de quatre ans environ, à raison de deux tours par seconde. Avec des types de compteurs spécialement construits pour cette application, l'on arrivera à diminuer notablement cette consommation déjà faible.

» Cette plaque de plomb, pesant 360^{gr} environ, contient une charge correspondant au travail effectué par un poids de 1800^{kg} s'abaissant d'un mètre, soit 1800^{kgm} ; comme vous le voyez cette petite plaque représente un respectable poids de *coucou* !

» D'ailleurs, si nous remarquons qu'une *horloge*, en général, est en quelque sorte un moteur développant une puissance bien régulière, et très faible pour faire mouvoir les rouages, mais avec un rendement assez défectueux, nous concevrons que, si l'on pouvait combiner un appareil contenant sous un poids minime une grande somme d'énergie avec un moteur à très bon rendement, le temps de fonctionnement de l'*horloge* serait très long. Or, la plaque de 360^{gr} représente 1800^{kgm}, et le moteur que j'ai eu l'honneur de vous décrire rend 99,5 pour 100 de l'énergie fournie à ses bornes, pourvu que la puissance motrice qui lui est demandée soit faible :

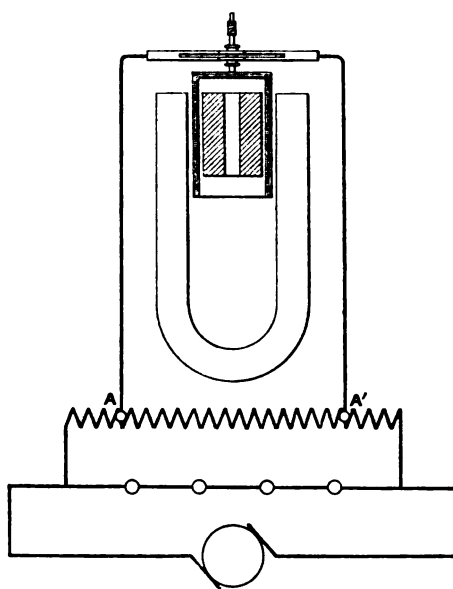
on voit clairement que la combinaison résout le problème et l'on conçoit dès lors des pendules pouvant fonctionner presque indéfiniment.

» Pour le réglage de l'*horloge heure-mètre* que je viens de vous présenter il y a un instant, Messieurs, il suffit de tourner dans un sens ou dans l'autre la vis micrométrique que vous voyez sur le devant de l'appareil : cette vis a pour effet d'éloigner ou de rapprocher de l'aimant une plaquette de fer doux qui le shunte magnétiquement plus ou moins : notons, en passant, qu'en diminuant le flux embrassé par l'induit on *accélère* sa vitesse de régime.

» Sous cette forme, le compteur peut également constituer un compteur de temps pour les communications téléphoniques ; un seul élément est plus que suffisant pour le faire fonctionner indéfiniment, par exemple tout le temps que le récepteur reste décroché.

» Voici, par exemple, devant vous, Messieurs, un poste téléphonique : vous voyez que, sitôt que je décroche le récepteur, le compteur se met en mouvement et tourne à vitesse constante ; dès que

Fig. 6.



Volt-heure-mètre pour distributions à intensité constante.

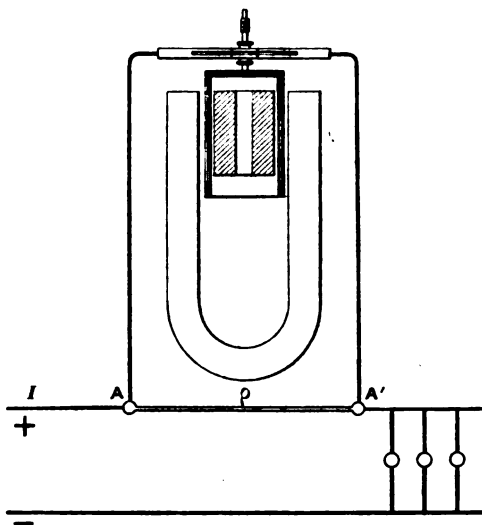
je remets le récepteur en place, le moteur s'arrête ; car le fait d'accrocher le récepteur a pour conséquence d'ouvrir simultanément le

circuit de la pile et de fermer le moteur sur lui-même, ce qui produit son arrêt presque instantané par les courants d'induction.

» II. *Volt-heure-mètre, wattmètre pour les distributions à intensité constante* (Bernstein ou autres). — Lorsque tous les appareils sont branchés en tension il suffit d'intercaler une forte résistance de fil de maillechort fin aux points entre lesquels l'on veut compter les volts-heures (*fig. 6*), et de brancher le compteur entre deux points convenablement choisis sur cette résistance : le compteur tourne avec une vitesse proportionnelle aux volts-heures, et par conséquent aux watts-heures consommés par l'installation.

» III. *Ampère-heure-mètre, wattmètre pour les distributions à potentiel constant*. — Si l'on fait passer un courant continu par un conducteur de maillechort de résistance déterminée et très faible, il s'ensuit, comme dans le dernier cas ci-dessus (loi d'Ohm), que la différence de potentiel entre deux points fixes de ce fil est rigoureusement proportionnelle à l'intensité qui le traverse. Si l'on branche en dérivation entre ces points les bornes A, A' de l'induit du *volt-heure-mètre* (*fig. 1*), on obtient le schéma (*fig. 7*) ; le nombre de révolu-

Fig. 7.



Ampère-heure-mètre.

tions du moteur sera proportionnel au produit de la chute de potentiel par le temps, et par suite à la quantité d'électricité $\int I dt$ qui

aura traversé la résistance fixe, quelle que soit la forme du courant, ondulé ou interrompu : par exemple celui de l'interrupteur de Wenhelt.

» *Expérience.* — Je fais passer par ce conducteur de maillechort un courant déterminé, de 5 ampères par exemple; en branchant les fils du moteur en des points différents de ce conducteur de maillechort, je fais varier la vitesse; c'est ainsi que l'on peut procéder pour l'étalonnage du compteur : quand la vitesse désirée et mesurée au compte-seconde est obtenue, on soude les fils aux points correspondants et le réglage est terminé.

» Le conducteur de maillechort que voici sous vos yeux, Messieurs, a une résistance de 0,1 ohm entre bornes; je place en tension avec ce conducteur, et dans le circuit d'un accumulateur placé sous cette table, une résistance additionnelle de 0,3 ohm; le courant traversant le compteur est alors de $\frac{2 \text{ volts}}{0,1 + 0,3} = 5$ ampères environ, et l'induit tourne à deux tours par seconde, ce qui correspond à la pleine charge de l'appareil.

» Je remplace maintenant la résistance de 0,3 ohm par une autre résistance de 3,9 ohms; l'intensité dans le compteur est alors de 0,5 ampère, soit le $\frac{1}{10}$ de la pleine charge de l'appareil : c'est le courant que consommerait une lampe de 16 bougies à 110 volts.

» Je remplace enfin la résistance de 3,9 ohms par une résistance de 40 ohms, qui donne avec l'accumulateur un courant de $\frac{2}{40} = 0,05$ ampère, représentant le $\frac{1}{100}$ de la consommation pour laquelle le compteur est calculé : vous voyez avec quelle régularité l'appareil tourne encore à ce faible débit qui correspond à 5 watts environ, c'est-à-dire à la $\frac{1}{6}$ partie du courant consommé par une lampe de 10 bougies à 110 volts; ce courant est de beaucoup inférieur à la plus faible consommation de l'abonné; on voit donc que la consommation la plus minime est ainsi toujours enregistrée par l'appareil.

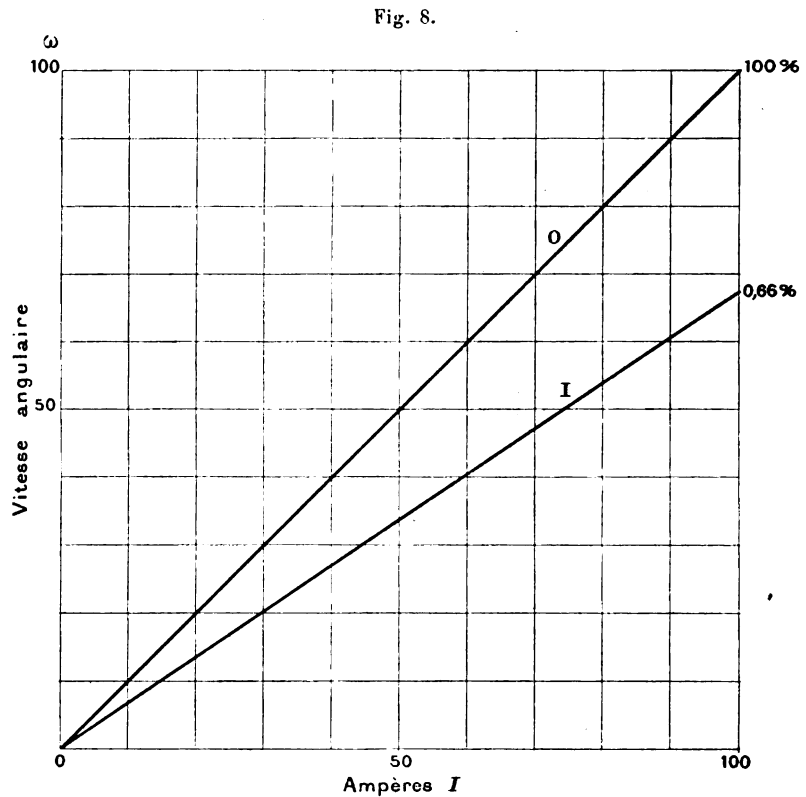
» Le fait de brancher un induit en dérivation aux bornes d'une résistance fixe, pour constituer un compteur-moteur, n'est pas *nouveau*, car le premier compteur-moteur magnéto-électrique, dû à W. Siemens, prévoit cette disposition; M. Scheffer emploie de même un compteur dynamo-électrique à frein présentant une disposition

analogue; M. Swinburne, dans une intéressante Communication sur les appareils de mesure, indique la possibilité d'employer un induit sans frein en dérivation aux bornes d'une résistance, mais ne précise pas si le moteur est magnéto ou dynamo-électrique. Enfin, M. Cantono, plus récemment, propose une disposition analogue avec un compteur-moteur dynamo-électrique, ou, au besoin, magnéto-électrique, mais préconise l'emploi de parties mobiles métalliques légères formant frein par les courants de Foucault pour améliorer (?) la proportionnalité, ce qui n'est pas conforme à la théorie ci-dessus. Je crois cependant être le premier à avoir fait fonctionner un compteur-moteur magnéto-électrique à rendement quasi maximum en dérivation aux bornes d'une résistance fixe.

» Une particularité importante du compteur que j'ai le plaisir de vous présenter, Messieurs, c'est que la température ambiante n'a pas d'influence appréciable sur son exactitude, à l'inverse de ce qui se passe avec les compteurs à freins usuels, où la variation dépasse souvent 1 pour 100 pour 4° C.; la raison de cet avantage réside en ce que la force contre-électromotrice d'un moteur magnéto-électrique est indépendante de la résistance de son bobinage et, par suite, des variations de la température ambiante; elle ne dépend que du flux embrassé par l'induit, du nombre des spires de celui-ci et de la vitesse angulaire.

» Pour une raison analogue, les variations de résistance du circuit d'induit n'ont pas d'effet sensible sur l'exactitude de l'appareil, excepté aux très faibles vitesses: car si la résistance ohmique double, le démarrage sera un peu moins bon; l'appareil démarrera, par exemple, aux environs du 1 pour 100 de la charge au lieu du 0,5 pour 100 et la différence $U_0 - e_0$ nécessaire à faire passer l'intensité du démarrage dans l'induit sera doublée; mais cela n'influera qu'aux très faibles vitesses, et le retard deviendra rapidement négligeable avec l'accroissement de la vitesse de régime. Il n'en est pas de même avec un compteur à frein. Le diagramme (*fig. 8*) montre ce qui se passe lorsqu'on double la résistance du circuit d'induit de ces deux sortes de compteurs. La courbe O indique le résultat qu'on obtiendrait avec un compteur parfait, et nous supposons que les deux compteurs (avec et sans frein) aient été amenés à coïncider d'abord avec cette droite, par un équilibrage parfait des

frottements. La résistance étant doublée, le compteur à *rendement maximum* persiste à coïncider avec la droite O, tandis que le compteur à *frein* (droite I) retarde de 33 pour 100 à tous les régimes, s'il est seulement à demi-freiné (c'est-à-dire tel que $e = \frac{U}{2}$, freinage très faible vis-à-vis de ceux que l'on emploie généralement).



Influence comparée de l'augmentation de la résistance du circuit d'induit dans le cas d'un compteur à frein et dans le cas du compteur O'K.

» C'est sous la forme exposée devant vous, Messieurs, que la *Compagnie pour la fabrication des compteurs* construit sous le nom de compteur O'K (O'Keenan) l'ampère-heure-mètre dont vous pouvez voir ici quelques spécimens (*fig. 9*). Dans ce modèle, l'aimant en U est renversé, l'appareil est hermétiquement clos pour empêcher l'introduction des poussières, et des dispositions pratiques sont prises pour que les réparations telles que le remplacement du pivot ou de crapaudine, puissent être rapidement faites sur place en cas de

besoin, et sans ouvrir l'appareil; ce remplacement est du reste fort rare, car le poids de la partie mobile, dans ce compteur, est beaucoup moindre que dans les autres compteurs-moteurs; une plaque de cachetage empêche d'ailleurs l'ouverture de l'appareil par des tiers, ce qui assure le contrôle de la Compagnie concessionnaire.

Fig. 9.

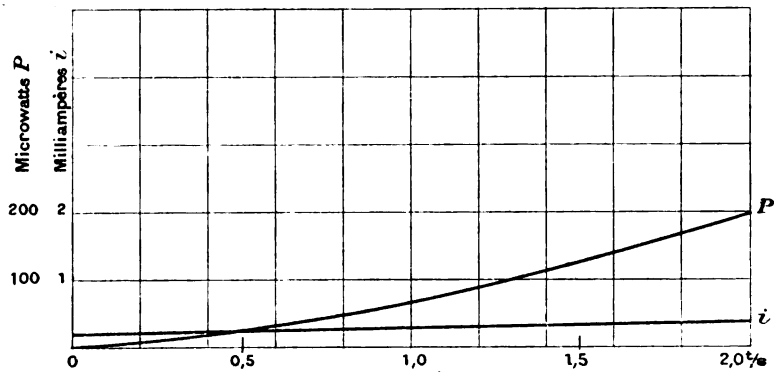


» Pour donner une idée des résultats obtenus avec cet appareil industriel, nous dirons que, pour le modèle 5 ampères par exemple, le fil de maillechort n'a que 0,1 ohm de résistance environ (et pourrait être beaucoup plus faible); que le démarrage du compteur se produit entre le 0,5 et le 1 pour 100 du calibre, c'est-à-dire pour environ $\frac{3}{100}$ d'ampère traversant le conducteur de maillechort; que dans ce cas l'intensité d'induit est de $\frac{2,5}{100\,000}$ d'ampère environ, que la différence de potentiel à ses bornes est de $\frac{2,5}{100\,000}$ de volt; que la puissance motrice est de $\frac{6}{10}$ de microwatt, et que, dans ces conditions, le couple moteur est à peu près le même que celui d'un compteur Thomson consommant 3,5 watts environ. Ce résultat, paradoxal en apparence, s'explique en réfléchissant que l'induit du compteur O'K se meut dans un flux très puissant, tandis que l'induit du compteur Thomson, ou de ses analogues, se meut dans un flux inducteur sans fer, et très faible.

» Au maximum de sa puissance l'induit du compteur O'K

n'absorbe encore que 200 microwatts, en tournant à deux tours par seconde, et son rendement atteint $\frac{991}{1000}$, soit 99,1 pour 100. Le diagramme suivant (fig. 10) indique comment varient ces différents

Fig 10.



Courant et puissance dépensée dans l'induit d'un compteur en fonction de la vitesse angulaire en tours par seconde.

éléments dans un induit du type industriel du même compteur. On voit que l'intensité ne varie presque pas avec la vitesse; elle ne varierait sans doute pas du tout, si l'appareil était placé sous une cloche pneumatique, afin d'éviter les pertes de puissance vive de l'induit au contact de l'air ambiant; à la même échelle, l'ordonnée maxima représentant le courant correspondant, dans le conducteur de maillechort, aurait 500^m de hauteur, plus d'une fois et demie la tour Eiffel! Cette ordonnée ne figure pas sur l'épure....

» Quelques expériences vont nous montrer directement la sensibilité du compteur :

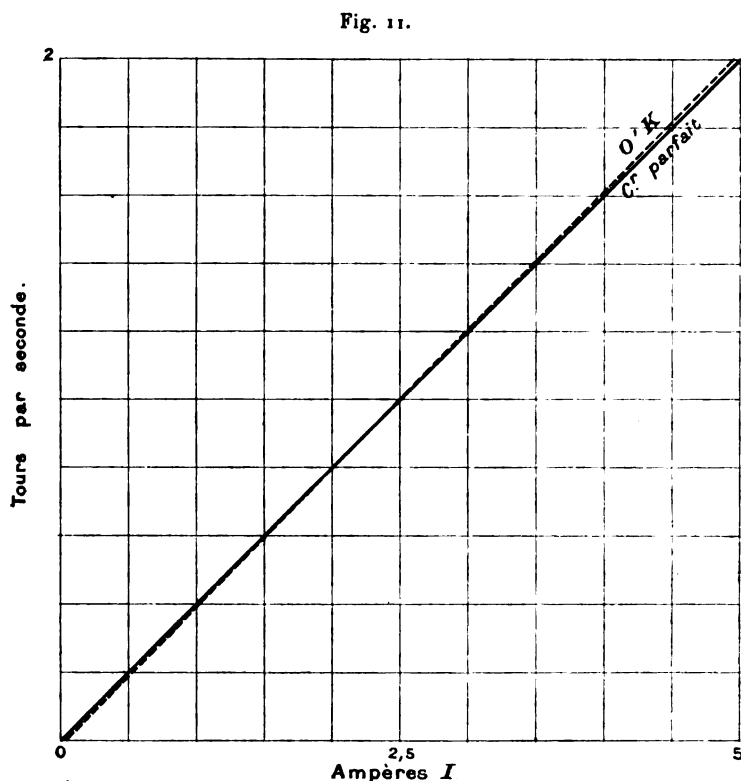
» 1° 20 éléments Leclanché en tension communiquent d'une part avec le compteur, et d'autre part avec la main d'un de ces messieurs; lorsqu'on ferme la chaîne, en se donnant la main, le compteur se met à tourner; la résistance fixe étant ici égale à celle de l'induit, une révolution de celui-ci correspond à 12 millicoulombs, et d'après la vitesse de rotation l'on pourrait déduire la résistance de ces quatre messieurs qui ne doit certes pas être inférieure à 50000 ohms. Cet appareil peut s'appliquer à l'Électrothérapie; on pourrait le rendre beaucoup plus sensible, car, au lieu d'employer, comme ici, un induit du type courant, on peut se servir d'un induit bobiné en fil plus fin, et mettre un shunt également plus résistant.

» *Autre expérience :*

» 2° Sur l'élément Leclanché que voici je branche 30 induits de compteurs (3 en tension, 10 en quantité); vous voyez que tous les moteurs se mettent à tourner; l'on pourrait en brancher beaucoup plus, 3000 par exemple, et l'intensité demandée à la pile ne serait encore que de $\frac{3}{10}$ à $\frac{4}{10}$ d'ampère environ.

» *Autre expérience.* — Si je retire l'élément Leclanché et que je laisse les compteurs s'arrêter, ils se remettent tous en marche comme vous le voyez, dès que je lance à la main un seul des trente induits de ces compteurs : c'est du transport de force à distance.

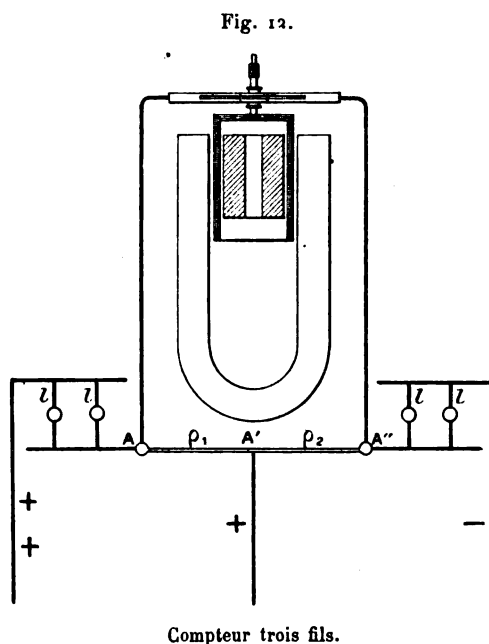
» Quant à la proportionnalité de l'appareil, elle est généralement très satisfaisante, ainsi que l'indique le diagramme (*fig. 11*) qui



représente la courbe d'un compteur idéalement parfait en trait plein et la courbe du compteur O'K en traits espacés, telle qu'on l'obtient couramment à l'atelier d'étalonnage.

» Nous allons maintenant, passer en revue quelques applications pratiques du compteur sous sa forme *ampère-heure-mètre* :

» *Compteur à trois fils.* — Le schéma (*fig. 12*) indique la disposition de l'appareil sur les réseaux à trois fils et à potentiel constant.

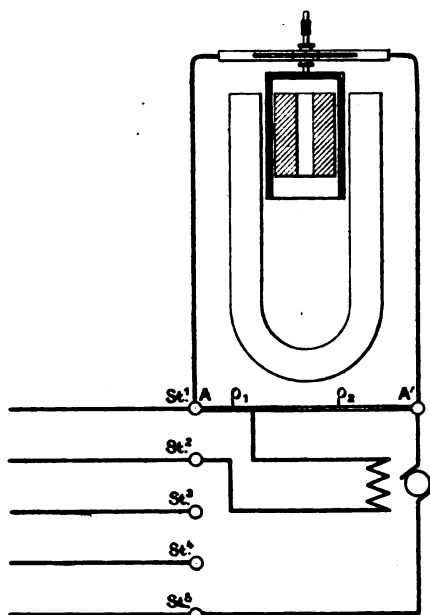


» L'appareil totalise les ampères-heures qui traversent soit le conducteur p_1 , soit le conducteur p_2 , et par conséquent les *watts-heures* dépensés par l'abonné.

» *Compteur pour moteur d'ascenseur; sur les réseaux à cinq fils, à 440 volts (fig. 13).* — Sur les réseaux à cinq fils, on emploie souvent des moteurs d'ascenseurs dont les induits sont branchés à 440 volts, tandis que l'excitation est prise sur un pont à 110 volts; on a coutume d'employer, dans ce cas, des compteurs cinq fils à quatre enroulements, dont l'un reste inactif; dans le cas présent le conducteur est divisé en deux tronçons, dont l'un est le tiers de l'autre; le courant d'excitation à 110 volts parcourt le premier tronçon seulement, et le courant à 440 volts le premier et second tronçon, de sorte que le potentiel étant sensiblement le même sur les 4 ponts, l'appareil totalise les watts-heures dépensés soit par l'induit du moteur d'ascenseur, soit par sa dérivation (*fig. 12*).

» *Compteur pour la charge et la décharge d'accumulateurs en tenant compte du rendement de la batterie (fig. 13).* — Pour cette application, le conducteur de maillechort est encore divisé en deux tronçons; le courant de décharge traverse les deux tronçons en tension

Fig. 13.

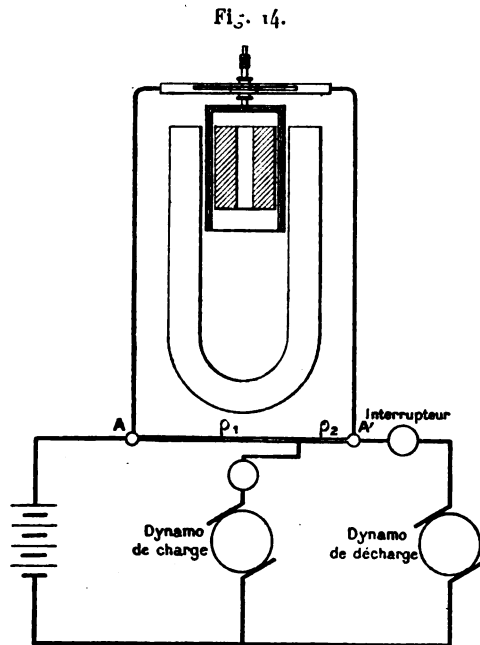


Compteur de moteur d'ascenseur sur les réseaux à cinq fils.

pendant un certain temps et le compteur indique un certain nombre d'ampères-heures; la communication étant alors coupée du côté de la décharge, et la dynamo de charge étant connectée, son courant traversera un seul des tronçons du conducteur, et en sens inverse du courant de décharge; de sorte qu'au bout d'un certain temps l'aiguille du compteur sera ramenée au 0 de la graduation : lorsque ce fait se produit, la batterie se trouve avoir reçu un supplément de charge, prédéterminé en pour 100, qui se règle en variant le rapport des résistances $\frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2}$.

» Cette forme de compteur est commode pour la recharge des *automobiles électriques* (fig. 14); le mécanicien arrête la charge lorsque l'aiguille est revenue au 0, comme dans le cas ci-dessus, et n'a aucun calcul à faire pour tenir compte du rendement; par suite cette recharge peut être confiée au premier venu.

» On peut se demander s'il est avantageux d'employer, sur les réseaux de distribution à courant continu, un compteur *ampère-heure-mètre* tel que celui que je viens d'avoir le plaisir de vous décrire il y a un instant, Messieurs, plutôt qu'un compteur *watt-heure-mètre* tel que ceux que l'on emploie habituellement.



Compteur pour automobiles charge et décharge.

» Pour les gros calibres de compteur, la chose peut prêter à discussion, et l'avenir en décidera; mais sans vouloir s'avancer trop, l'on peut, il me semble, affirmer que pour les petits calibres de compteur l'*ampère-heure-mètre* est avantageux.

» Prenons par exemple, si vous le voulez bien, le cas d'un abonné dont l'installation exige un *compteur 5 ampères 110 volts*, correspondant à 15 ou 16 lampes de 10 bougies brûlant à la fois; un compteur moteur watt-heure-mètre de ce calibre absorbe généralement 3,5 watts environ, soit 30600 watts-heures (soit 30^{fr}, 60 à 0^{fr}, 10 l'hecto-watt-heure) par an et par appareil, énergie dépensée en pure perte par la compagnie productrice sans avantage aucun pour l'abonné; il n'est pas rare, en comparant la dépense dissipée dans le fil fin de la dérivation, à la *dépense totale enregistrée de l'abonné*, que (pour

des compteurs de 5 ou 10 ampères) la dépense parasitaire atteint 25 et parfois 50 pour 100 de la *dépense enregistrée*.

» Cette perte sera d'autant plus sensible pour la compagnie concessionnaire que le calibre du compteur s'abaissera davantage, et si la lumière électrique *se démocratise*, c'est-à-dire si elle pénètre dans les intérieurs modestes, la perte en question sera prohibitive. Avec l'*ampère-heure-mètre* cet inconvénient n'existe pas, et la légère perte que fera la compagnie en élevant la tension du réseau au dessus du potentiel normal qui doit exister, sera négligeable vis-à-vis de l'autre perte ci-dessus; l'abonné, de son côté, qui, avec le watt-heure-mètre, paie son excédent de consommation proportionnellement au double de l'excès de la *tension* sur la *tension normale* (la tendance des compagnies étant d'augmenter leur potentiel de distribution), aura avantage à employer un appareil dont les indications sont simplement proportionnelles à l'excès de tension sur la tension *normale*, c'est-à-dire l'*ampère-heure-mètre*.

» Il me reste à vous remercier, Messieurs, de la bienveillante attention que vous avez bien voulu me prêter malgré l'aridité de ce sujet. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. O'Keenan de son intéressante Communication et des belles expériences dont il l'a illustrée.

La séance est levée à 9^h50^m du soir.

VARIATION DE LA RÉSISTANCE DU PLATINE EN FONCTION
DE LA TEMPÉRATURE ⁽¹⁾.

M. RAVEAU. — « Messieurs, je me propose de vous dire quelques mots d'une méthode thermométrique qui a donné lieu dans ces dernières années, en Angleterre, à un ensemble de travaux aussi importants au point de vue de la Physique de précision qu'à celui de la pratique industrielle. Cette méthode est basée sur l'emploi des *thermomètres à platine*, proposé par M. Callendar et M. Griffiths. Les appareils actuels sont constitués par des tubes de verre ou de porcelaine de 40^{cm} de long environ et de 12^{mm} de diamètre extérieur, à l'intérieur desquels est placée la résistance thermométrique. Le fil forme une hélice carrée, portée par une carcasse de mica, présentant une hauteur de 2^{cm} environ, et supportée, au voisinage du fond du tube, par deux conducteurs de platine de gros diamètre (0^{mm},6 ou 0^{mm},7). Ces deux conducteurs sont soudés à des fils de cuivre reliés à deux des bornes qui se trouvent à la partie supérieure du tube; deux autres conducteurs de platine, de même longueur que les premiers, mais réunis directement entre eux à leur partie inférieure, sont en relation avec deux autres bornes; ils servent à compenser la résistance des deux premiers conducteurs, tous les quatre traversent des lames de mica circulaires occupant la section entière du tube. Pour faire une mesure, on place le thermomètre proprement dit dans une des branches d'un pont, les deux fils de platine compensateurs dans une autre et l'on détermine directement la différence des résistances, qui est égale à celle du fil fin. Les quatre conducteurs de cuivre qui établissent les jonctions avec la boîte sont roulés ensemble, la résistance de tous les conducteurs auxiliaires est très faible et leurs températures toujours très sensiblement égales, ce qui rend la compensation parfaite.

(¹) Communication faite à la séance du 3 mai, avec des additions relatives à des publications récentes.

NOTATIONS. — CONSTANCE DES THERMOMÈTRES A PLATINE.

« Dans un premier travail publié en 1886, M. H.-L. Callendar effectua une série de mesures très soignées de la résistance de fils de platine pur renfermés dans un thermomètre à air, jusqu'à des températures qui dépassaient 600°. Il proposa d'adopter le thermomètre à platine comme étalon secondaire, la « température au platine » étant définie par l'égalité

$$pt = \frac{100(R - R_0)}{R_{100} - R_0},$$

où R représente la résistance du fil à la température considérée. Des essais faits sur trois échantillons avaient montré que les températures ainsi calculées étaient sensiblement les mêmes dans toute l'étendue des observations. Pourtant, comme le faisait observer M. Ch.-Ed. Guillaume en rendant compte de ce travail, les différences entre les indications des trois thermomètres semblaient présenter une apparence systématique; les expériences postérieures de M. Griffiths ont établi de la façon la plus certaine que différents fils de platine, constitués de métaux dont la pureté soit comparable, donnent des indications divergentes. Il n'y a donc pas lieu d'adopter une nouvelle définition de la température, mais on peut se servir *des thermomètres* à platine s'il est prouvé que leurs indications individuelles sont comparables à elles-mêmes et qu'il est possible de les ramener, par une formule simple, à l'échelle ordinaire.

» Les travaux fondamentaux de MM. Callendar et Griffiths ont établi que l'excès de la température du thermomètre à air dont ils se sont servis sur les températures pt de divers thermomètres à platine est représentée, à un haut degré d'approximation, par la formule parabolique

$$(A) \quad t - pt = d \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100},$$

dans laquelle d varie avec le fil employé (¹). Il n'est pas inutile de rappeler que M. Griffiths avait déduit de son premier travail, dans

(¹) M. Callendar a donné récemment à sa relation cette forme, plus commode pour le calcul que celle où t^2 figure dans le second nombre.

lequel il admettait, entre autres points fixes, la température d'ébullition du soufre donnée par Regnault, une formule plus compliquée. La comparaison de ses résultats avec ceux de M. Callendar amena les deux savants à reprendre la détermination de ce point, qu'ils ont ramené de $448^{\circ},38$ à $444^{\circ},53 + 0,082h$ sous la pression atmosphérique $760 + h$. Cette valeur a été adoptée par la suite dans tous les étalonnages, qui comportent ainsi trois déterminations de résistance : à 0° , dans la vapeur d'eau et dans la vapeur de soufre.

» La différence $R_{100} - R_0$ des résistances à 0° et à 100° s'appelle *intervalle fondamental* (FI); on s'arrange généralement de façon que sa valeur soit 100 fois celle de l'unité dans la boîte de résistances dont on se sert. La lecture de la variation de résistance donne alors directement *pt*.

» Le coefficient moyen de variation de la résistance entre 0° et 100° est appelé *coefficient fondamental* et représenté par la lettre *c* :

$$c = \frac{R_{100} - R_0}{100 R_0}.$$

La valeur de *c* est d'autant plus élevée que le platine est plus pur.

» Le *zéro fondamental* est l'inverse de *c*; pris en signe contraire, ce nombre représente la température (mesurée sur l'instrument lui-même) à laquelle la résistance s'annulerait; il est égal à R_0 , si l'intervalle fondamental est 100°.

» M. Callendar appelle *formule de différence* une relation qui donne $t - pt$ en fonction, soit de t , comme la formule (A), soit de pt ; dans ce second cas on aurait

$$(B) \quad t - pt = d' \left(\frac{pt}{100} - 1 \right) \frac{pt}{100}.$$

» Disons de suite qu'au point de vue de l'*interpolation* les deux formules donnent des résultats dont la différence, à part le cas de la thermométrie de précision, reste au-dessous des erreurs d'expérience. On calcule, en effet, pour cette différence, à diverses températures, dans le cas d'un thermomètre étalonné dans la vapeur de soufre, pour la valeur $d = 1,50$ ($d' = 1,695$) :

-300°	-200°	-100°	+50°	200°	300°	400°	600°	800°	1000°	1200°	1500°
-4°,5	-1°,95	-0°,54	+0°,05	-0°,23	-0°,42	-0°,25	+2°,2	+9°,3	+22°,9	+46°,6	+97°,2

» Dans la région d'interpolation ($0^{\circ} - 450^{\circ}$) les différences sont négligeables; elles le sont encore, ou à peu près, dans l'extrapolation vers les basses températures.

» Les deux formules sont des relations paraboliques entre la résistance et la température; la première s'écrirait

$$\frac{R}{R_0} = 1 + at + bt^2;$$

la seconde est de la même forme que celle dont M. Dickson a calculé les coefficients numériques et qu'il écrit :

$$(R + a)^2 = p(t + b).$$

» Toutes ces définitions supposent que la quantité pt n'est fonction que de la température seule; en 1874, la Commission de l'Association Britannique avait constaté qu'un pyromètre Siemens, à résistance de platine, subit des modifications permanentes chaque fois qu'on le porte à une haute température. Par contre, M. Callendar n'a observé que des variations extrêmement faibles de la résistance à zéro de thermomètres qui avaient été chauffés à 1200° , à *l'abri des gaz du foyer*; telle est la condition essentielle pour éviter que les thermomètres ne se détériorent à l'usage. Si l'on enferme la résistance dans un tube de porcelaine vernissé, on peut obtenir un pyromètre dont les indications restent presque rigoureusement constantes.

» Un appareil employé par MM. Heycock et Neville a servi à déterminer le point de fusion de l'argent (10 fois), de l'aluminium (12 fois), du sulfate de potasse (5 fois), du sulfate de soude (4 fois), du carbonate de soude (3 fois), du magnésium (5 fois), de l'étain (3 fois), de l'antimoine (2 fois), et le point d'ébullition du soufre (6 fois); il a été, en outre, porté à maintes reprises à la température du rouge vif. La différence des résistances mesurées à 0° et à 100° , qui était d'abord 100,64, est devenue 101,003, variant ainsi de 0,36 pour 100 seulement. Un autre pyromètre, porté chaque jour pendant un mois à une température comprise entre 900° et 1000° pendant six heures, a accusé une variation de 100,148 à 100,357. Ces différences sont insignifiantes pour des mesures industrielles. Une variation de 1 pour 100 dans l'intervalle fondamental correspond à une variation de t de 15° environ, à 1135° .

» On peut ajouter que cette variation de l'intervalle fondamental, qui est d'abord relativement rapide, se ralentit bientôt et devient très faible; de plus son origine paraît être dans l'épaississement que subissent les lames de mica qui supportent les fils de platine sous l'action des températures élevées; la tension des fils croît peu à peu. Il suffirait, si l'on voulait éliminer complètement cette légère cause d'erreur, de faire une détermination de l'intervalle fondamental *avant* la mesure de température. Le coefficient α ne varie pas sensiblement.

» Quant aux thermomètres proprement dits, qui ne sont soumis qu'à des variations de températures beaucoup plus restreintes, la constance de leur intervalle fondamental paraît absolue, comme nous le verrons plus loin.

THERMOMÉTRIE DE PRÉCISION.

» Au cours de plusieurs recherches de précision, divers savants ont fait, entre des thermomètres à platine et des thermomètres étalonnés au Pavillon de Breteuil, des comparaisons qui montrent que les indications réduites des thermomètres à platine coïncident, au degré d'approximation des expériences les plus soignées, avec celles du thermomètre à azote.

» 1. Dans son grand travail *Sur la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur*, M. Griffiths a mesuré la température de l'eau dans son calorimètre à l'aide d'un thermomètre à mercure, gradué par comparaison avec un de ses thermomètres à platine. Son Mémoire complet renferme (p. 427) une Note relative à la comparaison de ce thermomètre avec un thermomètre Tonnelot (n° 11048), en verre dur, étudié au Bureau International des Poids et Mesures. Voici des nombres extraits des résultats d'une série de comparaisons : la première colonne contient les indications moyennes du thermomètre Tonnelot; la seconde les mêmes températures ramenées à l'échelle du thermomètre à hydrogène; dans la troisième, on a rapporté les nombres à l'échelle du thermomètre à azote; la quatrième donne les indications du thermomètre à platine, rapportées, par la formule ordinaire, à l'échelle du thermomètre à air.

Tonnelot.	Hydrogène.	Azote.	Air-platine.	Différences.
14,044	13,977	13,985	13,990	0,005
16,260	16,186	16,193	16,198	0,005
18,245	18,165	18,174	18,180	0,006
20,543	20,457	20,467	20,474	0,007
23,139	23,048	23,058	23,061	0,003
25,551	25,455	25,466	25,471	0,004

» Dans la cinquième colonne, on a inscrit les excès des nombres de la quatrième sur ceux de la troisième ; on voit que ces excès, qui représentent, en définitive, les différences entre les températures, définies par le thermomètre à azote de Sèvres et mesurées par l'intermédiaire d'un thermomètre à air en verre dur, et les températures définies par le thermomètre à air de MM. Callendar et Griffiths, et mesurées par l'intermédiaire du thermomètre à platine et l'emploi de la formule parabolique, restent toutes très voisines de 0°005 environ. On peut, à bon droit, considérer comme plus que satisfaisante une telle concordance ; M. Guillaume a observé que le caractère systématique de la différence pouvait très bien s'expliquer par deux causes : 1° la valeur plus faible de la pression capillaire dans les déterminations de zéro, où le ménisque est toujours descendant, tandis que, dans les expériences, il est immobile ou ascendant ; 2° le relèvement continu du zéro, qui se produit, dès que le thermomètre est dans la glace, avec une vitesse dépassant 0°001 par minute et à peu près indépendante de la dépression antérieure. De plus, la réduction au thermomètre à azote a été faite seulement pour des thermomètres à mercure étalons. Une variation de $\frac{1}{400}$ (en valeur absolue 2.10^{-11}) sur le coefficient du terme en t^2 dans l'expression de la dilatation linéaire du verre du thermomètre à mercure employé donnerait une différence de 0°,001 à 50°.

» De comparaisons directes avec des thermomètres à air, à hydrogène et à azote, effectuées en collaboration avec M. Callendar, M. Griffiths a conclu que, sur la valeur totale de l'intervalle de température où il a opéré (de 14° à 26°), la limite d'erreur ne dépasse pas 0°,003 C. du thermomètre à azote, soit, par degré, $\frac{1}{4000}$, en admettant que le thermomètre à mercure soit exactement à la température du liquide ambiant. Une erreur plus considérable pourrait

résulter du retard aux indications du thermomètre à mercure, qui varient en sens inverse de la température. Des comparaisons avec un thermomètre à platine, immergé nu dans le pentane, semblent indiquer une erreur de ce chef, s'élevant à $0^{\circ},004$ C., soit $\frac{1}{2500}$; mais M. Griffiths regarde ce nombre comme incertain.

» Le même auteur a utilisé le thermomètre à platine dans ses recherches sur la chaleur latente d'évaporation de l'eau et sur la variation de la chaleur spécifique de l'aniline en fonction de la température.

» 2. La technique expérimentale peut être considérée comme définitivement fixée depuis l'installation, à l'observatoire de Kew, du dispositif complet nécessaire à la thermométrie au platine, dont nous allons donner la description, d'après M. Griffiths (dans *Nature*, 14 nov. 1895) :

» On emploie un pont dans lequel deux des branches sont constituées par des résistances égales et constantes de 5 ohms; les deux autres branches supportent un fil intermédiaire et, d'une part, le thermomètre, de l'autre, les fils compensateurs et une boîte de résistance.

» La construction de cette boîte a été particulièrement étudiée; la boîte est en cuivre; les parois et le fond sont doubles; l'intervalle contient environ 8 litres d'eau, maintenue à une température voisine de 20° par un régulateur. Au-dessus de la boîte est fixée une cage semblable à celle d'une balance ordinaire dont on ne soulève la glace antérieure que quand il est nécessaire de placer des bornes et d'établir des contacts, toutes les vis de serrage étant extérieures à la cage. Les bobines sont couvertes de soie, avec une couche de paraffine aussi mince que possible; elles sont enroulées librement, de façon à ne supporter aucun effort et à permettre la circulation libre de l'air. Elles ont été recuites dans la paraffine à une température légèrement inférieure à celle qui carboniserait la soie. L'unité est environ $\frac{1}{100}$ de l'ohm légal; les valeurs nominales des bobines sont, en fonction de cette unité : 5; 10; 20, et en doublant ainsi, jusqu'à 640. L'intervalle fondamental a pour valeur 100 et le fil du pont, qui est d'un alliage platine-argent, a une section telle qu'un déplacement de 1^{cm} indique à peu près une variation d'une unité

dans les bobines, ce qui correspond à une variation de 1° sur l'échelle au platine.

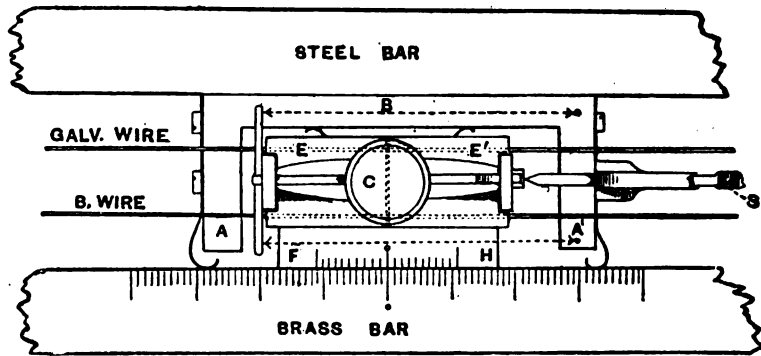
» La longueur totale du fil est 30^{cm} , ce qui permet de mesurer de trois ou quatre façons différentes toute résistance qui dépasse 40 unités; sa régularité est suffisante pour que les erreurs qu'on commettrait en ne tenant pas compte du calibrage ne dépassent jamais 0,005 unité. Le coefficient de dilatation de l'alliage platine-argent étant compris entre ceux de l'acier et du laiton, le fil est porté par un rectangle très allongé, dont les côtés sont formés respectivement de barres de laiton et d'acier réunies par des morceaux d'ébonite beaucoup plus courts. Les barres de laiton et d'acier sont fixées, en leur milieu, à la partie supérieure de la boîte, sur du marbre; le fil est placé entre les deux parallèlement, ses deux extrémités étant fixées aux barres transversales d'ébonite et reliées par des bandes de laiton flexibles au reste du pont. On obtient ainsi une tension constante et une position invariable du zéro.

» Un second fil de platine-argent, relié d'une façon permanente au galvanomètre, est parallèle au fil principal. La glissière du vernier porte un petit morceau du même fil placé au-dessus et à angle droit des deux premiers et les dépassant un peu. On évite, pendant le contact, la production de toute pression qui déformerait le fil du pont. Par ce procédé, il n'y a pas de contact entre deux métaux différents. Le vernier lit directement $\frac{1}{50}$ de millimètre, ce qui permet d'estimer $\frac{1}{100}$ de millimètre, soit $0^{\text{mm}},00001$ ou $0^{\circ},001$.

» Les *fig.* 1 et 2 représentent, en plan et en section verticale, le contact construit par M. Horace Darwin. ABA' (*fig.* 1) est une monture de laiton qui glisse entre les barres d'acier et de laiton; un bloc intérieur F E E' H est placé et renfermé dans la monture avec un jeu d'un centimètre environ de part et d'autre. En A et A' des ressorts pressent la monture de laiton contre la barre d'acier et en E, E', des ressorts pressent le bloc intérieur contre la règle de laiton. Ainsi, la pression de la monture de laiton contre la barre d'acier est la somme des pressions des ressorts AA', EE', tandis que la pression du bloc intérieur sur la règle en FH est la somme des pressions de E et de E' seulement; quand on tourne la vis S, le bloc intérieur seul se déplace. Quand la vis S recule, le bloc intérieur la suit, sous l'action d'un long ressort figuré en (1) par la ligne ponc-

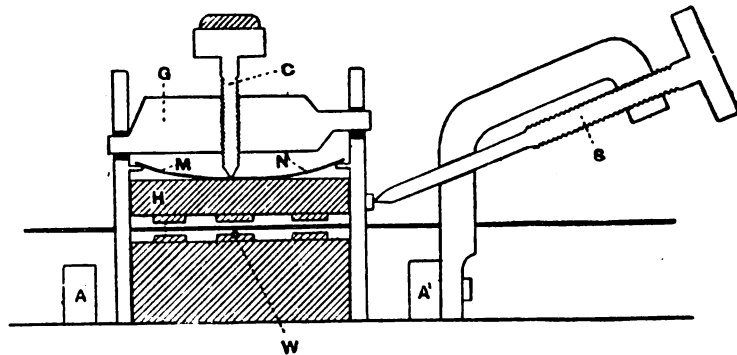
tuée. Si, par inadvertance, on tourne S avant que le fil du pont n'ait été rendu libre par la vis C, c'est la monture extérieure ABA' qui

Fig. 1.



se déplace. La disposition qui permet aux coussinets du bloc H de descendre temporairement ou d'être fixés d'une façon durable est représentée par la *fig. 2*.

Fig. 2.



» Les effets thermo-électriques, qui peuvent avoir une grande importance aux températures élevées, sont éliminés par l'emploi d'une clef spéciale, perfectionnement de la clef ordinaire à trois lames élastiques, qui ferme successivement la pile et le galvanomètre. M. Horace Darwin a ajouté à cette clef deux autres lames, reliées aux bornes du galvanomètre et mises en communication par une vis dans l'état de repos. On peut alors ramener au zéro le galvanomètre s'il y a une déviation due aux forces thermo-électriques; en appuyant sur la poignée, on rompt ce premier contact et l'on établit les deux autres comme à l'ordinaire.

» C'est avec un appareil de ce type que M. Griffiths a gradué un thermomètre à platine qui a joué un grand rôle dans des recherches très importantes exécutées, à l'Université Johns Hopkins, par MM. Day, Waidner et Mallory, dont nous exposerons les résultats (1).

» Nous reproduisons d'abord un extrait de la Table d'étalonnage dressée par M. Griffiths lui-même pour le thermomètre qu'il a adressé à MM. Waidner et Mallory. Si l'on se reporte d'abord au Tableau final intitulé : *Thermomètre à platine dans la glace*, on voit qu'une mesure de résistance comporte quatre corrections, relatives à l'étalonnage des bobines et à leurs températures, au calibrage du fil et à la position du zéro. La détermination de R_0 a comporté neuf lectures effectuées en vingt minutes environ, avec différents groupements de bobines, et fournissant des résultats compris entre 258,359 et 258,364. Pour les points d'ébullition de l'eau et du soufre, on a fait respectivement huit et sept lectures; dans le second cas, les valeurs extrêmes sont 679,503 et 679,515. La détermination de R_{100} nécessite une correction, que l'on fait en admettant pour la variation de ρt la valeur calculée dans l'hypothèse où $\delta = 1,50$. La valeur réelle, déterminée indépendamment, étant 1,491, l'approximation est plus que suffisante.

» Voici comment on calcule cette correction : l'expérience fournit la valeur de la résistance R' à une température $100 + \epsilon$ qui dépend de la pression barométrique au moment de l'observation; l'équation fondamentale donne, par différentiation,

$$\delta \rho t = \frac{100}{R_{100} - R_0} \delta R$$

ou

$$\frac{\delta R}{\delta t} = \frac{R' - R_{100}}{\delta t} = \frac{\delta \rho t}{\delta t} \frac{R_{100} - R_0}{100}.$$

On aura la correction en faisant $\delta t = \epsilon$. On calcule $\frac{\delta \rho t}{\delta t}$ dans l'hypothèse où d serait égal à la valeur moyenne 1,50; $\frac{R_{100} - R_0}{100}$ est sensiblement égal à $\frac{R' - R_0}{100 + \epsilon}$.

(1) M. Callendor vient de décrire (*Engineering*, 26 mai; *Mois scient. et ind.*, juillet) un appareil enregistreur des indications d'un thermomètre à platine.

Détermination de R_0 , R_1 et FI.

» On a

$$R' = 358,416 \text{ pour } H = 769,39 \text{ (cor.) et } t = 100^\circ,344;$$

$$R_0 = 258,362;$$

$$R' - R_0 = 100,054 \text{ pour une diff. de temp. } 100^\circ,344;$$

par suite

$$\frac{\partial R}{\partial t} \text{ moyen} = 0,99711.$$

» Or

$$\frac{\partial p t}{\partial t} \text{ à } 100^\circ = 0,985 \text{ pour } d = 1,50;$$

$$\frac{\partial R'}{\partial t} \text{ à } 100^\circ = 0,9971 \times 0,985 = 0,9821;$$

$$\delta R' \text{ pour } 0^\circ,344 = 0,9821 \times 0,344 = 0,338;$$

$$R_{100} = 358,416 - 0,338 = 358,078.$$

» Par suite

$$R_1 = 358,078,$$

$$R_0 = 258,362,$$

$$FI = 99,716,$$

$$\frac{R_1}{R_0} = 1,38596.$$

Détermination de δ .

$$R_s = 679,510 \text{ quand le baromètre} = 769^{\text{mm}},20;$$

$$p t_s = \frac{679,510 - 258,32}{99,716} = 422^\circ,35.$$

Or le point d'ébullition du soufre à $769^{\text{mm}},20$ est :

$$444^\circ,53 + 0^\circ,082 \times 9,20 = 445^\circ,28;$$

$$445^\circ,28 - 422^\circ,35 = \delta [(4,453)^2 - (4,453)];$$

$$\delta = 1,491.$$

Thermomètre à platine dans la glace.

Date, Janv. 23.	Bobines.	Lecture sur le fil.	Temp. des bobines.	R_0 Boîte n° 6.
5 ^h 19 ^m	C, D, F, H, 265	Lecture — 6,602	20", 50	258,361
	Corr. — 0,102	Corr. calibrage + 0,109	Corr. 0,034	
		Corr. de zéro — 0,078		

» Viennent ensuite deux Tableaux, dont la disposition est la même, sauf l'addition d'une colonne des hauteurs barométriques, et qui ont pour titres : *Thermomètre à platine dans la vapeur d'eau*; *Thermomètre à platine dans la vapeur de soufre*.

» MM. Waidner et Mallory ont retrouvé, pour le rapport $\frac{R_1}{R_0}$ (mesuré à l'aide d'une autre boîte), la valeur

$$\frac{R_1}{R_0} = 1,385962.$$

» L'accord de ce nombre avec celui de M. Griffiths les a autorisés à se dispenser d'une détermination nouvelle du coefficient d .

» 3. Les savants américains se proposaient de rechercher l'origine de la différence des résultats obtenus par divers expérimentateurs, dans des travaux qui paraissent très précis. Les recherches de M. Griffiths ont donné, pour l'équivalent mécanique de la calorie, entre 14° et 26°, des nombres régulièrement décroissants qui sont, pour les trois températures suivantes (après division par 10⁴) :

t	15°	20°	25°
E	4199,7	4193,2	4187,4

» La variation de ces nombres indique une variation proportionnelle de la chaleur spécifique de l'eau, qui est de même sens que celle qui résultait des expériences de Rowland, mais qui n'est pas tout à fait identique. Pour découvrir l'origine du désaccord, il fallait d'abord comparer, avec tout le soin possible, les échelles thermométriques réellement utilisées dans les deux séries de mesures; l'échelle du thermomètre à air de M. Griffiths étant sensiblement identique à celle du thermomètre à azote de Sèvres, M. Day a entrepris la comparaison de l'échelle absolue de Rowland avec l'échelle internationale. Cette comparaison a été faite par l'intermédiaire des trois thermomètres Baudin dont s'était servi Rowland et de trois thermomètres Tonnelot étudiés à Sèvres; elle a eu pour résultat de nécessiter une correction des nombres de Rowland, qui, pour les températures indiquées, deviennent, sur l'échelle du ther-

momètre à *hydrogène* ⁽¹⁾ de Sèvres :

4188, 4181, 4176.

» D'autre part, MM. Waidner et Mallory ont comparé directement le thermomètre à platine, envoyé par M. Griffiths, avec les trois thermomètres Baudin, de Rowland ; les corrections, calculées à l'aide de cette comparaison, pour ramener les indications des thermomètres Baudin à celles du thermomètre à hydrogène de Sèvres, sont très voisines de celles qu'avait déterminées directement M. Day. Pour deux des thermomètres, les différences des corrections sont presque négligeables ; pour le troisième (6165), les écarts sont plus notables ; les variations du zéro des thermomètres Baudin, qui rendent très difficiles ces comparaisons, expliquent suffisamment ces divergences. En ramenant les indications des thermomètres de Rowland à celles de l'échelle à *azote* de Sèvres, MM. Waidner et Mallory ont calculé les nombres

4187, 4181, 4176.

» L'excès de chacun des nombres de M. Griffiths sur le chiffre corrigé correspondant de Rowland étant voisin de 12, on voit que la courbe représentative des résultats de Rowland devient sensiblement une droite parallèle à celle qui figurait les nombres de M. Griffiths ; la correction appliquée à la partie thermométrique des expériences de Rowland établit l'identité de la variation de la chaleur spécifique de l'eau ; la cause de la différence des valeurs absolues doit être cherchée dans une erreur sur la grandeur d'une des unités qui ont servi de base aux mesures ⁽²⁾.

» Au cours de ces recherches, M. Day a exécuté, en commun avec MM. Waidner et Mallory, une comparaison directe entre un thermomètre à platine et un thermomètre Tonnelot. Ce thermomètre a été complètement étudié par M. Guillaume et comparé, à diverses tem-

(1) L'échelle du thermomètre à hydrogène est actuellement l'échelle normale ; l'échelle du thermomètre à azote présente un excès de 0°,01 vers 30° ; la coïncidence se rétablit à 70°.

(2) Rappelons que les expériences de Rowland s'étendent de 6° à 36° et indiquent, vers 29°, l'existence d'un minimum de l'équivalent mécanique de la calorie.

pératures, aux étalons, qui l'ont été eux-mêmes aux thermomètres à azote et à hydrogène par M. Chappuis (*Travaux et Mémoires du Bureau International*, t. IV, 1888). Le Tableau suivant contient, dans la première colonne, les indications du thermomètre Tonnelot (sur l'échelle de l'azote); la seconde, les températures du thermomètre à platine (ramené au thermomètre à air); la troisième, les différences. Les trois colonnes suivantes sont les résultats d'une seconde série d'expériences :

Azote (Tonnelot 11801).	Air (Platine).	Corrections.	Azote (Tonnelot 11801).	Air (Platine).	Corrections.
7,804	7,800	+0,004	10,197	10,186	+0,001
12,941	12,941	0,000	20,519	20,523	-0,004
18,332	18,327	+0,005	23,400	23,391	+0,009
23,106	23,114	-0,008	25,568	25,571	-0,003
33,703	33,704	-0,001	30,004	30,005	-0,001
39,999	40,001	-0,002	43,817	43,820	-0,003

» Dans l'ensemble, eu égard au nombre des intermédiaires de cette comparaison qui s'établit, en définitive, entre le thermomètre à azote de Sèvres et le thermomètre à air de MM. Griffiths et Callendar, on ne peut qu'admirer la petitesse des différences. Les auteurs ont cru pouvoir en déduire le tracé d'une courbe de correction qui coupe l'axe des températures à 0° et 24° (environ) et présente une ordonnée maxima de 0°,006 vers 10°.

» 4. Une étude définitive vient d'être achevée par MM. Harker et P. Chappuis.

» Les comparaisons, exécutées à Sèvres en août 1897, entre des thermomètres à platine envoyés par le Comité de l'observatoire de Kew et les étalons du Bureau International, peuvent être divisées en plusieurs groupes. Le premier s'étend de -23° à +80° et consiste en comparaisons directes entre les thermomètres à platine et les étalons primaires à mercure du Bureau. Au-dessus de 80°, les thermomètres à mercure ont été remplacés par un thermomètre à gaz, construit pour la mesure des températures élevées. De 80° à 200°, les comparaisons ont été faites dans un bain d'huile vertical agité, chauffé par différents liquides, bouillant sous pression variable. Au-dessus de 200°, on a substitué à l'huile un bain de nitrates de sodium et de potassium. Dans ce bain on a continué la comparaison de deux

thermomètres à platine jusqu'à 460° ; avec un troisième thermomètre, enfermé dans un tube de porcelaine, on a pu aller jusqu'à 590° . Les comparaisons des échelles à gaz et à platine ont été faites en 150 points, chaque comparaison comportant 10 ou 20 lectures des divers instruments.

» On a déterminé le point d'ébullition du soufre sur l'échelle du thermomètre à azote, par l'intermédiaire d'un thermomètre à platine. La moyenne de trois séries de mesures très concordantes, faites avec les différents thermomètres, a donné $445^{\circ}, 27$ pour la température d'ébullition, sur l'échelle du thermomètre à azote à volume constant; MM. Griffiths et Callendar avaient obtenu $444^{\circ}, 53$ sur l'échelle du thermomètre à air à pression constante.

» La réduction des indications des thermomètres à platine par la première formule de M. Callendar donne des températures qui, au-dessous de 100° , ne diffèrent des valeurs observées, rapportées à l'azote, que de quantités excessivement petites; même aux températures élevées, l'écart ne dépasse pas quelques dixièmes de degré.

LA RÉSISTANCE DU PLATINE AUX TEMPÉRATURES TRÈS BASSES OU TRÈS ÉLEVÉES.

» La formule (A) de M. Callendar, qui représente si exactement les valeurs interpolées de la température, cesse d'être applicable dès qu'on s'éloigne des limites $0^{\circ} - 450^{\circ}$. Pour un fil de platine porté à de très basses températures, on peut encore représenter la résistance par une fonction parabolique de t (ou inversement); mais il faut adopter une nouvelle valeur de d , considérablement plus grande que celle qui convient au-dessus de 0° ; c'est ainsi que le calcul fait par M. Callendar donne, pour le fil de platine qui avait servi de thermomètre secondaire dans les expériences de M. Dewar sur la résistance des métaux : $d = 2,75$. Or, il est très rare que d , déterminé par le point d'ébullition du soufre, dépasse 2.

» Des mesures de la résistance du platine à basse température ont été faites par MM. Holborn et Wien; dans leurs expériences, une spirale de platine était portée à l'intérieur d'un réservoir de verre contenant de l'hydrogène, dont on mesurait la pression. L'appareil était refroidi par l'air liquide ou par un mélange d'acide carbonique solide et d'alcool, puis on le laissait se réchauffer lentement et l'on

faisait simultanément des mesures de résistance et de pression. Les résultats ont été représentés par la formule

$$t^{\circ} = -258^{\circ},3 + 5,0567 R + 0,005855 R^2,$$

dont les constantes ont été calculées au moyen des valeurs de la résistance observées à 0° , et aux températures les plus basses fournies par les deux autres agents réfrigérants (avec l'air liquide on peut descendre jusqu'à $-190^{\circ},2$ au commencement de l'ébullition). Les valeurs calculées de la température pour d'autres observations concordent, à moins d'un degré près, avec les valeurs observées.

» Des expériences moins complètes, qui ont porté sur dix autres fils, ont fourni des valeurs moyennes du coefficient de variation de la résistance en fonction de la température qui s'élèvent, dans presque tous les cas, du voisinage de $0,0038$ (entre 0° et 100°) à des chiffres supérieurs à $0,0040$ (entre -78° et -189°).

» Ces expériences établissent nettement le caractère de la courbe qui représente la variation de résistance du platine en fonction de la température centigrade aux basses températures; quant à la question de savoir s'il est préférable, au point de vue de l'*interpolation*, de choisir l'une ou l'autre des formules paraboliques, il serait oiseux de la discuter. M. Callendar lui-même a calculé, pour représenter les résultats de MM. Dewar et Fleming, deux formules

$$t - pt = 2,75 \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100},$$

$$t' - pt = 2,43 \left(\frac{pt}{100} - 1 \right) \frac{pt}{100};$$

l'écart entre les valeurs calculées t et t' a pour maximum $0^{\circ},26$ entre 0° et -197° environ où il s'annule; aux températures plus basses il croît jusqu'à $1^{\circ},16$. Enfin, l'arbitraire qui résulte du choix des données se traduit par le fait, assez inattendu, que la formule calculée par M. Dickson, qui est du second type, donne des résultats beaucoup plus voisins de la première que de la deuxième formule de Callendar, au-dessous de 0° ; entre -55° et -220° l'écart reste au-dessous de $0^{\circ},1$.

» La formule de MM. Holborn et Wien donnerait, pour les coefficients c' et d' de M. Callendar, les valeurs

$$c' = 0,003610, \quad d' = 1,79.$$

» Le calcul direct, en partant de trois expériences, a fourni à M. Callendar lui-même les nombres

$$c' = 0,003621, \quad d' = 1,69.$$

» Enfin, les calculs de M. Dickson, qui utilisent toutes les expériences, donneraient

$$c' = 0,003527, \quad d' = 2,43.$$

» Il est donc très facile de représenter les expériences faites à basse température, du moins tant qu'on ne descend pas très bas, au point d'ébullition de l'hydrogène.

» MM. Dewar et Fleming ont, comme l'on sait, conclu de leurs expériences que la résistance des métaux semblait tendre vers zéro, en même temps que la température absolue; l'extrapolation des formules obtenues pour des thermomètres gradués dans la vapeur de soufre donne des résultats conformes à cet énoncé. MM. Griffiths et Clarke ont calculé, pour la température où s'annuleraient les résistances de plusieurs fils employés antérieurement :

$$\begin{aligned} & - 274^{\circ},12, \quad - 270^{\circ},60, \quad - 269^{\circ},60, \quad - 270^{\circ},86, \\ & - 279^{\circ},15, \quad - 278^{\circ},97, \quad - 273^{\circ},71. \end{aligned}$$

» La concordance de ces nombres est vraiment remarquable, si l'on se rappelle que les constantes des fils ont été déterminées au moyen d'une observation faite à 445° ; mais les formules établies en partant d'expériences faites au-dessous de 0° indiquent, pour les températures où la résistance s'annulerait, des valeurs beaucoup plus élevées : la formule de MM. Holborn et Wien, les formules calculées par M. Callendar pour un fil de M. Dewar donneraient respectivement

$$- 258^{\circ},3, \quad - 257^{\circ},8, \quad - 256^{\circ},6.$$

» Il reste donc, au point de vue pratique, le fait qu'on peut déterminer le coefficient d d'un thermomètre destiné à la mesure des températures élevées, en admettant que la résistance s'annule pour $t = - 273^{\circ}$.

» Les températures voisines de $- 257^{\circ}$ ne sont plus très éloignées de celles que permet d'atteindre l'hydrogène liquide et l'expérience peut commencer à répondre à la question qui se pose : La résistance

du platine s'annule-t-elle à une température observable ou bien la formule d'extrapolation cesse-t-elle d'être valable?

» Dans ses expériences sur le point d'ébullition de l'hydrogène liquide, M. Dewar a utilisé un thermomètre à platine dont la résistance variait comme il suit :

99°, 1	0°, 7	— 193°, 9	— 214°, 0
7,337	5,338	1,136	0,690

» La température la plus basse, mesurée par le thermomètre à hydrogène, était celle de l'air solide. M. Dickson a calculé pour ce fil la formule

$$(R + 43,958933)^2 = 2,03596488(t + 1193,460)$$

qui représente les expériences sur une étendue de 300° avec une erreur probable de 0°, 16. Dans l'hydrogène bouillant sous la pression atmosphérique, la résistance descendait à 0^{ohm}, 129 et se maintenait constante, indiquant une température de — 238°, 4 C. La formule indique que la résistance se réduirait à 0, à une température de — 244° C, soit à 5° ou 6° au-dessous de la température d'ébullition à l'air libre. Or, en calculant, soit à l'aide des données critiques, soit par comparaison avec l'oxygène, les constantes d'une formule logarithmique reliant la tension de saturation à la température absolue, on trouve qu'en réduisant la pression supportée par l'hydrogène liquide à 25^{mm}, on doit abaisser la température d'ébullition de 10° environ. Un thermomètre à hydrogène sous pression réduite a donné 21° abs., ce qui est d'accord avec les calculs précédents. Mais, la résistance du platine a été très peu modifiée par cet abaissement de température; sa variation a été celle qu'aurait amenée une variation de 1°, si la formule avait continué de s'appliquer. Il semble donc qu'au voisinage de — 240° la variation de la résistance du platine en fonction de la température se ralentisse brusquement; les difficultés des expériences rendent les conclusions un peu incertaines; les indications d'un couple thermo-électrique ont aussi présenté des anomalies dans ces expériences; une résistance de platine rhodié a indiqué 27° abs.

» Pour évaluer la température de l'hydrogène solide (16° abs.), M. Dewar s'est servi d'un thermomètre à hydrogène; tous les essais

tentés pour obtenir un thermomètre à platine exact n'ont conduit qu'à des succès.

» Passons à l'extrapolation vers les températures élevées; la concordance des résultats qu'elle a fournis apparait dans le Tableau suivant, extrait d'un Mémoire de MM. Heycock et Neville, qui donne les valeurs de la température de fusion de l'or :

Valeurs de d .

1,500	1061,9
2,04	1061,2
1,574	1061,4
1,553	1061,9
1,511	1062,0

» Ce qu'on peut conclure, en toute certitude, c'est que la formule de M. Callendar permet de calculer, à partir des données des thermomètres à platine, une quantité qui n'est fonction que de la température. Des expériences de MM. Holborn et Wien, faites par comparaison avec des couples thermoélectriques étalonnés à l'aide du thermomètre à air jusqu'à 1450°, ne sont pas très favorables à la formule, en ce qui concerne les valeurs absolues de la température calculée, mais ces recherches ont été, de la part de M. Griffiths, l'objet de critiques qui en rendent les résultats douteux, d'autant plus que M. Tory a trouvé la formule satisfaisante jusqu'à 800°. Jusqu'à ce que de nouvelles comparaisons avec le thermomètre à air aient été faites, on ne pourra que considérer comme provisoires les valeurs des températures élevées, déterminées par les thermomètres à platine. Ce qui complique beaucoup la question, c'est que la divergence des deux formules paraboliques s'accroît rapidement dès que la température s'élève, et que la formule (A), pour des fils de platine impur, donne, à la température de fusion de l'or, des nombres différents de 30°; l'extrapolation vers les hautes températures est encore très incertaine.

» Cette difficulté n'est pas la seule qui ait amené des divergences de vues au sujet de la valeur de diverses formules, entre plusieurs savants; on n'a peut-être pas assez tenu compte, dans une discussion que je signale en passant, de certains faits géométriques évidents. Il est clair que, si l'on veut représenter par une parabole une courbe expérimentale, il faudra choisir la position de cette parabole de telle

façon que son sommet soit du côté où la courbure de la ligne représentative va en croissant; d'autre part, il est évident que le sommet lui-même, qui introduit un maximum ou un minimum, dans le cas où l'axe de la parabole est parallèle à l'un des axes de coordonnées est une singularité purement analytique qu'il est désirable de ne pas placer du côté où l'on veut extrapoler. Si les deux conditions que je viens d'indiquer sont contradictoires, on sera obligé d'essayer une autre formule, celle de Siemens, par exemple, qui renferme une constante de plus; elle représente encore une parabole, mais l'orientation de l'axe n'est pas déterminée. »



BIBLIOGRAPHIE.

Traité de Nomographie. *Théorie des abaques; Applications pratiques*, par MAURICE D'OCAGNE, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique. 1 vol. grand in-8° de près de 500 p. avec figures et schémas. Gauthier-Villars, éditeur. Paris; 1899.

La Nomographie est la théorie des abaques, c'est-à-dire qu'elle a trait aux représentations graphiques cotées des lois mathématiques définies par des équations à un nombre quelconque de variables.

Le but que se propose la Nomographie est de réduire à de simples lectures sur des Tableaux graphiques, construits une fois pour toutes, les calculs qui interviennent nécessairement dans la pratique des divers Arts techniques.

La Nomographie, dont les premiers principes ont été posés en 1840, par Cousinery, diffère essentiellement du calcul graphique, si employé de nos jours.

M. d'Ocagne a réuni dans son Ouvrage tous les documents relatifs à cette science et dont beaucoup lui sont personnels. Il est à souhaiter que l'usage de la Nomographie se répande dans l'Électrotechnique où l'on se trouve souvent, en particulier dans l'étude des dynamos et des transformateurs, obligé de satisfaire à la fois à des conditions contradictoires. L'expérience acquise permettrait certainement la construction de courbes cotées de la plus grande utilité.

La règle à calcul, qui comporte l'emploi de systèmes cotés mobiles devant d'autres systèmes cotés fixes, est du ressort de la Nomographie. En dehors du modèle à une seule réglette mobile, universellement employée, l'Auteur cite et décrit des règles à calcul à plusieurs réglottes, employées pour résoudre des équations complexes. Comme on le voit, le sujet, admirablement traité d'ailleurs, est extrêmement intéressant.

Les dynamos à courant continu; fonctionnement, calcul et construction, par M. FISCHER-HINNEN, Ingénieur-électricien, ancien Chef d'études aux Ateliers d'OErlikon (Suisse). 1 vol. in-8° de plus de 400 pages, avec 300 figures et 4 planches, J. Fritsch, éditeur. Paris.

Cet Ouvrage est la traduction française de l'édition originale allemande; c'est un véritable Manuel du Constructeur et de l'Ingénieur chargé d'étudier et d'établir les machines dynamos.

Dans ce Volume, l'Auteur nous fait profiter de sa longue pratique et des nombreux documents qu'il a réunis depuis de longues années. Ce n'est pas un Ouvrage simplement à lire : il faut l'approfondir, car il deviendra classique.

Le travail de M. Fischer-Hinnen est considérable et met au point bien des procédés, jusqu'ici empiriques, employés par les constructeurs pour calculer leurs machines.

Le meilleur enseignement étant encore celui de la pratique, l'Auteur a rempli son

livre de faits et de documents précieux. Les données numériques y abondent ainsi que des dessins d'exécution suffisamment cotés pour que le lecteur puisse, avec un peu de travail, les reconstituer entièrement.

A signaler un Chapitre fort intéressant sur la commutation, phénomène si complexe, dont M. Fischer-Hinnen a élucidé bien des points.

L'édition est bien présentée, mais le style impeccable de l'édition allemande fait regretter celui un peu négligé de l'édition française. Heureusement que la valeur de l'Ouvrage fait passer sur cette imperfection qui, du reste, n'est pas à reprocher à l'Auteur.

Le Phénomène de Zeeman, par M. A. COTTON, Maître de Conférences de Physique à l'Université de Toulouse. 5^e fascicule de la série physico-mathématique de la publication *Scientia*. G. Carré et Naud, éditeurs. Paris; octobre 1899.

La découverte, faite il y a trois ans par M. Zeeman, d'une nouvelle action du magnétisme sur la lumière a suscité un grand nombre de recherches, les unes expérimentales, les autres théoriques.

M. Cotton expose, dans ce 5^e fascicule de *Scientia*, les résultats expérimentaux obtenus sur ce sujet, laissant de côté, pour le moment, l'étude encore prématurée des théories si compliquées qu'il faudrait aborder.

Faraday avait déjà soupçonné l'existence d'une action du magnétisme sur la lumière, mais, faute peut-être d'instruments suffisants, il ne put rien découvrir. M. Zeemann fut plus heureux, bien qu'ayant subi un premier échec expérimental. Sa persévérance est due à cette circonstance d'avoir approfondi les théories de Maxwell et de Lorentz. De là l'idée d'étudier, avec un appareil de polarisation, la lumière *émise* dans un champ magnétique et non plus la lumière traversant un tel champ.

La découverte de sources lumineuses émettant des rayons complètement polarisés est certes sensationnelle, et M. Cotton a réussi dans son Ouvrage à grouper clairement et d'une façon fort intéressante les faits se rattachant antérieurement et postérieurement au nouveau phénomène dont les conséquences peuvent faire franchir à l'esprit humain un nouveau pas très important.

Le Magnétisme du fer, par M. CH. MAURAIN, ancien Élève de l'École Normale supérieure, Agrégé des Sciences physiques, Docteur ès Sciences. G. Carré et Naud, éditeurs. Paris; 1899.

Ce petit volume est le n^o 2 de la collection de monographies réunies sous le nom bien connu déjà de *Scientia*.

Les recueils qui font partie de cette publication forment une série nouvelle qui diffère des revues périodiques ordinaires. Chaque volume doit, en effet, paraître dès qu'une branche nouvelle de la *Science* mérite, par suite de découvertes récentes, de fixer l'attention. Les fascicules ne seront donc présentés qu'au fur et à mesure des événements.

La plaquette de M. Maurain résume tout ce qui se rattache à l'étude des propriétés magnétiques du fer et de ses alliages récents.

Le rappel de quelques définitions et des méthodes de mesure permet au lecteur de

profiter de suite des documents présentés par l'Auteur, sans qu'il soit obligé de se rafraîchir la mémoire en consultant les Ouvrages classiques.

On trouve, dans cette centaine de pages, des renseignements fort intéressants sur la construction et la trempe des aimants permanents. Ce sujet est d'une grande importance, eu égard à l'invariabilité d'indications recherchée dans les appareils de mesure basés sur le principe du galvanomètre à cadre mobile.

Les récentes expériences de M. Curie sur les aciers-nickel sont également mentionnées, montrant ainsi que le travail de M. Maurain est au courant des progrès les plus récents.

La Télégraphie sans fils, par M. ANDRÉ BROCA, Professeur agrégé de Physique à la Faculté de Médecine, 1 vol. in-18 jésus, de 200 pages avec 34 figures dans le texte. Gauthier-Villars, éditeur. Paris; 1899.

M. Broca, en écrivant ce livre, a voulu mettre à la portée de tous l'histoire scientifique et la découverte progressive de la Télégraphie sans fils.

Il fallait abandonner la théorie pure sans tomber dans le journalisme et l'Auteur y a parfaitement réussi.

Écrit avec un esprit très scientifique, cet Ouvrage familiarise le lecteur avec les conceptions modernes de la lumière et la théorie électro-magnétique, génialement devinée par Maxwell, puis vérifiée par Hertz et d'autres savants éminents.

Ce n'est que lorsque tous les enchaînements d'idées ont été présentés fort clairement que M. Broca entre en plein dans le sujet de la Télégraphie sans fils. Il donne de nombreux détails pratiques sur la confection, l'essai et la régénération des cohéreurs à limaille métallique qui sont le récepteur indispensable du nouveau mode de télégraphie.

L'Auteur rend justice aux magnifiques travaux de Branly et décrit ensuite les célèbres expériences de Marconi, en terminant son livre par une comparaison des avantages et des inconvénients du nouveau système de communication à travers l'espace. Comme le fait entrevoir M. Broca, la Science ne s'arrêtera pas en si beau chemin et l'avenir nous réserve probablement d'autres découvertes capitales.

Recherche élémentaire des relations entre les grandeurs électriques dans les circuits parcourus par des courants alternatifs, par M. OMER DE BAST, Répétiteur à l'Institut électrotechnique Montefiore. Léon de Thier, éditeur. Liège; 1899.

Ce petit Ouvrage, de 90 pages in-8°, a été publié dans le Tome X du *Bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique de Montefiore*; c'est un tirage à part destiné à ceux qui ne peuvent se procurer le Bulletin en question.

Dans ce travail, l'Auteur a résumé une partie du cours qu'il professe à l'École industrielle de Liège. Cette partie est relative à l'étude purement graphique du courant alternatif et des courants polyphasés.

Les propriétés de la self-induction et de la capacité sont indiquées très clairement et l'Auteur arrive à faire comprendre, d'une façon simple, la notion (qui surprend toujours les débutants) des composantes déwattées du courant et de la tension.

Cet Ouvrage élémentaire est surtout destiné à ceux qui ne peuvent faire usage de l'Analyse mathématique, cependant indispensable dans les cas un peu compliqués.

A signaler, pour une prochaine édition, qu'une Table des matières faciliterait beaucoup l'usage de ce livre recommandable.

Encyclopédie populaire illustrée du XX^e siècle, publiée par la Société française d'Éditions d'Art, sous la direction de MM. BUISSON, DENIS, LARROUMET et STANISLAS MEUNIER. — **L'Électricité**. 1 vol. in-8°, écu, de 175 pages avec de nombreuses figures dans le texte. Paris; 1899.

L'*Encyclopédie populaire illustrée du XX^e siècle* n'en est encore qu'au début de sa publication qui doit comprendre 120 volumes, embrassant dans une sorte de répertoire général toutes les connaissances humaines.

La principale difficulté d'une telle entreprise réside surtout dans le classement méthodique d'une aussi grande variété de sujets.

C'est pour cette raison que l'Encyclopédie est traitée sous forme de dictionnaire.

L'*Électricité* est le sixième volume de cette collection; on peut dire que tous les faits, même les plus nouveaux, se rattachant à l'Électricité y sont passés en revue.

Les divers sujets sont traités d'une façon très scientifique, tout en restant d'un abord accessible à tous.

Ainsi qu'il arrive pour tout dictionnaire, on ne peut guère le lire; on le consulte, et dans l'espèce ce sera avec fruit.

Le prix de chaque volume de la collection est tellement réduit, qu'on reste surpris par les qualités typographiques et par le soin apporté par les éditeurs qui s'attachent à donner une forme très flatteuse à cette vaste entreprise.



PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

8/6. Pertes par frottements dans les machines électriques (*fin*); *G. Dettmar*. — Emploi des diagrammes vectoriels... (*suite*); *F. Breisig*. — Télégraphie par induction électromagnétique; *S. Evershed*. — Indicateur d'isolement pour les installations à courants alternatifs; *G. Benischke*.

15/6. Simple méthode pour la mesure de la fréquence; *W. König*. — Dispositifs de synchronisation pour marche en parallèle des alternateurs; *H. Müller*. — Emploi des diagrammes... (*fin*); *F. Breisig*. — Télégraphie par induction électromagnétique... (*fin*); *S. Evershed*.

22/6. Chemin de fer électrique Dusseldorf-Krefeld; *G. Braun*. — Moteurs d'induction monophasés; *C. Steinmetz*. — Modification de l'interrupteur *Wehnelt*; *G. Simon*.

29/6 Moteurs... (*fin*); *G. Steinmetz*. — Calcul du prix des courants alternatifs; *G. Benischke*. — Contribution à la théorie de l'interrupteur *Wehnelt*; *E. Ruhmer*.

6/7. Éclairage du château de Landonvillers; *G. Klinkenberg*. — Télégraphe rapide Pollak et Virag. — Traction par accumulateurs à Gand; *J. Zacharias*. — Statistique des installations électriques en Allemagne.

13/7. Matériel des canalisations aériennes de tramways; *Benz*. — Appareil de laboratoire pour courants continus de haute tension; *L. Strasser*. — Horloge électrique centrale de Karlsruhe; *E. Giehne*.

20/7. Tramways de La Marche; *M. Schiemann*. — Sur les courants ondulatoires; *C. Heinke*. — Horloge... (*fin*); *E. Giehne*.

27/7. Essais sur une dynamo à deux circuits indépendants; *A. Sengel*. — Courants ondulatoires (*fin*); *C. Heinke*. — Bloc-système pour chemins à simple voie; *O. Walzel*. — Freinage des voitures et trains mus par l'électricité; *M. Schiemann*.

3/8. Essais de halage électrique, systèmes Lamb et Kötting; *G. Klingenberg*. — Sur les vols d'énergie électrique; *W. Kohlrausch*. — Essais sur une dynamo... (*fin*); *A. Sengel*. — Téléphones automatiques de l'Administration prussienne.

10/8. Mesures de sécurité pour les tensions moyennes. — Nouveau moyen de sécurité de l'A. E. G.; *A. Schirner*. — Protection des lignes téléphoniques contre les courants de haute tension; *O. Canter*.

17/8. Unification des méthodes d'essai des tôles; *J. Epstein*. — Relations entre le nombre d'habitants, les recettes et le trafic comme bases d'un projet de tramways; *A. Hecker*. — Mesure exacte de la fréquence d'un courant alternatif; *J. Zenneck*. — Production du courant pour les réseaux téléphoniques; *K. Miller*.

24/8. De la sécurité de l'homme vis-à-vis des installations électriques; *H. Kath.* — Régulateur de vitesse à embrayage électrique; *H. Müller.* — Démarrage simple pour moteurs à champ tournant; *F. Niethammer.* — Production... (*suite*); *K. Miller.*

31/8 Usines de l'Adige, alimentation de Méran et de Bozen; *O. von Miller.* — Recherches sur les caractéristiques en court-circuit; *A. Rothert.* — Dispositif de sûreté pour lignes aériennes à haute tension; *C. Hesse.* — Production... (*fin*); *K. Miller.* — Batteries de haute tension; *Feussner.*

7/9. Recherches... (*suite*); *A. Rothert.* — Sur un condensateur de grande capacité; *A. Töbler.* — Tramways de Coblenze. — Transmetteurs d'ordres; *A. Raps.*

14/9. Influence de la température sur les fils de trolley; *M. Eisig.* — Protection des observatoires magnétiques contre les tramways à lignes aériennes; *S. Wächter.* — Recherches... (*fin*); *A. Rothert.* — Annonceurs avec lampes à incandescence; *K. Müller.* — Nouveau Wattmètre de Siemens et Halske; *A. Raps.*

21/9. Omnibus électrique Siemens et Halske; *Siebert.* — Séparation des pertes dans les transformateurs; *W. Peukert.* — Progrès dans la construction des résistances électriques; *M. Lévy.*

28/9. Frottement des moteurs d'induction à vide; *R. Braun.* — Connexions pour éviter les pertes à vide des transformateurs; *H. Müller.* — Sur un coherer automatiquement décoherable; *Ch. Bose.* — Fusibles pour circuits téléphoniques; *K. Strecker.*

AMÉRIQUE.

Electrical World et Electrical Engineer.

3/6. Développement de l'usine hydraulique de Chambly; *C. Haas.* — Radiation électrique (*suite*); *A. Abbott.* — Relais téléphoniques; *W. Hammer.*

10/6. Radiation électrique (*fin*); *A. Abbott.* — Télégraphie sans fils; *A. Dolbear.* — Des commutateurs et accumulateurs dans les transmissions à grande distance; *W. Robb.*

17/6. Chutes de Montmorency; *E. Archibald.* — Nouveau coherer; *A. Dell.* — Mesure des hautes tensions avec des appareils pour bas voltage; *S. Barnett.* — Système triphasé à basse tension, avec fil neutre; *A. Bowie.* — Notes sur la distribution souterraine des courants diphasés à New York; *E. Leslie.*

24/6. Transmission triphasée à Saint-Hyacinthe (Canada); *E. Archibald.* — Expériences de télégraphie sans fils; *J. Kitsee.* — Notes sur la Chine; *F. Crocker.* — Canalisations souterraines; *L. Ferguson.* — Types américains d'automobiles; *S. Sherman.* — Essais de transformateurs; *W. Goldsborough.*

1/7. Congrès à l'Exposition de 1900; *F. Drake.* — Notes sur la Chine; *F. Crocker.* — Canalisations souterraines (*suite*); *L. Ferguson.* — Installations électriques de Brooklyn; *W. Barstow.*

8/7. Notes sur la Chine (*suite*); *F. Crocker.* — Installations de Brooklyn (*suite*); *W. Barstow.*

15/7. Installation électrique des Trois-Rivières; *E. Archibald.* — Simple forme de contact instantané; *J. Haralson.* — Installations de Brooklyn (*fin*); *W. Barstow.*

22/7. Contact électrique pour pont; *E. Birdsall.* — Transformation de triphasé en diphasé; *P. Watmough.* — Types américains d'automobiles (*suite*); *S. Sherman.* — Oxydation du charbon à la température ordinaire par l'oxygène atmosphérique; *W. Case.*

29/7. Méthode différentielle pour l'essai des transformateurs; *S. Johannesen.* —

Réglage des machines à arc; *H. Watts*. — Phénomènes présentés par l'interrupteur Wehnelt.

5/8. Installations électriques des rapides de Lachine; *E. Archibald*. — Hystérésis à très basses températures; *A. Ford*. — Transmission et distribution de l'électricité à distance; *H. Parshall*.

12/8. Installation de Peterboro; *E. Archibald*. — Conducteurs concentriques; *M. O'Gorman*. — L'énergie du charbon; *C. Reed*. — Pantographe électrique; *F. Patten*.

19/8. Installation de Trenton; *E. Archibald*. — Détermination des intensités dans un système triphasé; *A. Kennelly*. — Mesure de l'énergie dans les systèmes polyphasés; *A. Bowie*. — L'énergie du charbon; *C. Reed*. — Télégraphie sans fil.

26/8. Simple méthode de mesure de la puissance d'un courant alternatif; *S. Barnett*. — Machine à graver électrique; *F. Patten*. — L'énergie du charbon (*suite*); *C. Reed*.

2/9. Énergie du charbon (*fin*); *C. Reed*. — Prédétermination de la régulation dans les transformateurs; *A. Kenelly*. — Indicateur de fréquence; *C. Yundt*.

7/9. Nouvelle méthode pour déterminer le rapport de transformation; *J. Ribbins*. — Phénomène magnétique; *A. Ford* et *B. Frankensfeld*.

16/9. Installation diphasée de Sherbrook; *E. Archibald*. — Résistance électrique et mécanique des balais de dynamos.

23/9. Détermination d'étalons de résistance; *H. Harth*. — Le trolley aux îles Sandwich; *W. Johnson*. — Potaux en fer, lampes et canalisation de Boston; *A. Adams*.

30/9. Usine hydraulique de Saint-Cloud (Minn.); *F. Springer*. — Transmission de la vallée de Kalamazoo; *E. Hart*. — Explication graphique du fonctionnement des moteurs asynchrones; *W. Baxter*.

21/10. Congrès de Côme; *G. Martinez*.

14/10. Observations sur le fonctionnement de la télégraphie sans fils; *W. Mayer*. — Tramways de Hanovre; *W. Johnson*. — Installation municipale d'Austin (Texas); *W. Hornaday*. — Appareils à haute fréquence et hauts voltages; *E. Thomson*.

7/10. Alternateurs pour éclairage direct; *A. Adams*. — Commerce avec le Japon; *W. Eastlake*.

28/10. Station centrale de Woburn; *L. Wallis*. — Transmission du mont Whitney; *D. Fry*. — Protection des installations intérieures contre les courants de haute tension; *W. et L. Reed*. — Éclair multiple; *A. Kenelly*.

Electrical Review (N. Y.).

5 et 12/7. Rapport du Comité d'unification (approuvé par l'American Institute of Electrical Engineers, le 27 juin, à Boston).

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

AVRIL. — Limite de la subdivision des moteurs électriques dans les ateliers.

Mai. — Système « Multiple Unit » pour chemins de fer électriques; *F. Sprague*.

Juin. — Représentation symbolique des ondes alternatives; *Ch. Steinmetz*.

AOÛT et SEPTEMBRE. — Détermination de la forme des ondes sans contact; *H. Ryan*. — Éléments d'un projet favorable au réglage de la vitesse dans les installations hydrauliques; *A. Garratt*. — Protection des circuits secondaires contre les risques d'in-

cendie; *C. Hutchinson*. — Réglage de la vitesse des moteurs; *A. Adams*. — Demande d'un étalon de lumière; *S. Doane*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

16/6. Détermination de la fréquence des courants alternatifs; *C. Kinsley*. — Voitures électriques Riker. — Méthodes de transformation; *J. Swinburne*. — Locomotives électriques (*fin*); *P. Mac-Mahon*. — Instruments de mesure (sans intégration); *W. Ayrton*.

23/6. — Électrolyse en dehors des électrodes; *F. Trouton*. — Usines mixtes pour éclairage et traction; *H. Rider*. — Transformateurs à grande vitesse pour courants continus; *E. Scott*. — Traction électrique; *G. Cuninghame*.

30/6. Interrupteur à liquide pour bobine Ruhmkorff; *C. Swinton*. — Instruments de mesure d'Elliot. — Transmission et distribution économiques à grande distance; *H. Parshall*. — Comparaison de l'efficacité des ions chargés positivement et négativement comme noyaux de condensation; *C. Wilbou*.

7/7. Notes sur la distribution de l'électricité; *C. Taite*. — Luminosité des terres rares sous l'action des rayons cathodiques; *C. Swinton*.

14/7. Bureau téléphonique avec batterie centrale. — Téléphonie duplex; *Schwensky*. — Condenseurs dans les stations électriques; *J. Snell*.

21/7. Compteur automatique à deux prix. — Coherer à récupération automatique et étude des propriétés de divers métaux; *J. Bose*. — Conductibilité des flammes contenant des vapeurs de sels; *H. Wilson*. — Arrangement des tuyaux de vapeur et de leurs garnitures; *J. Edgcome*.

28/7. Problème du trolley à Blackpool. — Tramways de Sainte-Hélène, de Hull et de Oldham. — Conductibilité des mélanges de graphite et d'argile; *J. Fleming*.

4/8. Installations municipales de West-Ham et de Barroff in Furness. — Magnétisme et rotation moléculaire; *Lord Kelvin*. — L'électricité en Suisse; *Rheinfelden*.

11/8. Installation de Leith. — L'électricité en Suisse (*suite*). — Hystérésis; *E. Lyle*.

18/8. — L'électricité en Suisse (*suite*). — Un effet secondaire dans l'interrupteur Caldwell; *F. Trouton*. — Notes sur les distributions diphasées. — Notes historiques sur les piles primaires; *W. Cooper*. — Recherches mathématiques sur le phénomène de Philipps; *G. Walker*.

23/8. L'électricité en Suisse (*suite*). — Traction électrique; *A. Greatorox*. — Simple méthode pour mesurer la fréquence; *H. Carpenter*. — Compensation par condensateurs dans les circuits télégraphiques; *G. Simpson*. — Courants triphasés pour la fabrication du carbure de calcium en Italie; *C. Pio*. — Formes de trieurs magnétiques et leur application à divers minerais; *H. Mc Neill*.

1/9. Tramways de Sheffield. — L'électricité en Suisse (*suite*). — Formes de trieurs (*fin*); *H. Mc Neill*. — Traction électrique (*suite*); *A. Greatorox*.

8/9. L'Électricité en Suisse (*suite*). — Prises de courant pour tramways à caniveaux. — Théorie de Grotthuss appliquée à un seul élément voltaïque; *W. Cooper*. — Accident à la station de Bankside. — Traction électrique; *A. Greatorox*.

15/9. Station municipale de King's Lynn. — L'Électricité en Suisse (*fin*).

22/9. Le Centenaire du courant électrique; *J. Fleming*. — Comparaison des frais et des bénéfices entre les systèmes de traction (câble, chevaux, électricité) à New-York.

29/9. Usine municipale de Darwen. — **Relations** thermiques dans la pile; *W. Cooper*. — Production, dans les gaz raréfiés, d'anneaux **lumineux** tournant autour des lignes de force; *C. Philipps*. — Systèmes triphasés à basse tension à **quatre fils**; *A. Bowie*.

6/10. Usine de Plemouth. — Hystérésis du cobalt; *J. Fleming*. — **Accidents** à Blackpool. — Patentes récentes relatives à la Télégraphie sans fils.

13/10. Signaux sans contact; *W. Boulton*. — Essais de transformateurs; *W. Goldsborough*. — La théorie chimique et celle du contact; *W. Cooper*. — Accident à Hastings.

20/10. Signaux sans contact (*fin*); *W. Boulton*. — Essais (*fin*); *W. Goldsborough*. — Essais et calculs d'une transmission de 40 milles en aluminium; *F. Perrine*.

27/10. Installation de Snoqualmie Falls. — Sons émis par l'arc; *F. Servis Smith*. — Simple forme de machine à influence pour rayons X; *W. Cotton*.

Electrical Review.

16/6. Production du courant pour traction; *G. Scott*.

23/6. Station de Newington.

30/6. Accessoires de traction électrique; *E. Cottrell*.

7/7. Machines outils; *E. Amos*.

14/7. Extraction électrolytique du zinc; *J. Kershaw*. — Production du courant pour la traction (*suite*); *J. Scott*. — Machines outils (*suite*); *E. Amos*.

21/7. Accessoires de traction électrique (*suite*); *E. Cottrell*.

28/7. Machines à gaz Westinghouse. — Machines outils (*suite*); *E. Amos*.

4/8. Machines outils (*fin*); *E. Amos*. — Engrenage Humpage. — Accessoires de traction électrique (*suite*); *E. Cottrell*.

11/8. Production du courant pour traction; *G. Scott*.

18/8. Accessoires de traction électrique (*suite*); *E. Cottrell*. — Atelier « fin de siècle »; *F. Bathurst*.

25/8. Atelier « fin de siècle » (*fin*); *F. Bathurst*. — Accessoires de traction électrique (*suite*); *E. Cottrell*. — Chauffage électrique; *O. Dunlop*. — Magnétisme cosmique et électricité; *A. Cottrell*. — Réflexions sur la transmission à longue distance; *E. Scott*.

1/9. Accessoires de traction électrique; *E. Cottrell*. — Rendement théorique et pratique; *S. Walker*.

8/9. Production du courant pour traction (*fin*); *G. Scott*. — Accessoires de traction électrique (*suite*); *E. Cottrell*. — Synchronisation des alternateurs; *M. Gardner* et *R. Howgrave-Graham*. — Puissance lumineuse des lampes; unité appropriée; *W. Stue*.

13/9. Accessoires de traction électrique (*suite*); *E. Cottrell*. — Le téléphone en Amérique; *K. Miller*.

22/9. Progrès dans la fabrication du carbure; *J. Kershaw*. — Éclairage de Lynn. — Signaux de chemins de fer sans contact; *W. Boulton*.

29/9. Notes sur les moteurs alternatifs; moteurs Heyland; *A. Eborall*.

6/10. Signaux; (*fin*); *W. Boulton*. — Soudure électrique; *R. Danforth*. — Canalisations; *J. Andrews*.

13/10. Canalisations (*fin*); *J. Andrews*.

20/10. Données sur les tramways; *H. Ryan*. — Pompes dans les stations centrales;

E. Scott. — Le professeur Lunge sur l'avenir des procédés électrolytiques de fabrication des alcalis; *J. Kershaw.* — Électrographes; *E. Gates.* — Mesure de la résistance des accumulateurs; *E. Rimington.*

27/10. Détails de porte-balais et de paliers; *E. Scott.* — De quelques caractères du moteur d'induction; *G. Carus Wilson.* — Signaux électro-pneumatiques.

3/11. Signaux électro-pneumatiques. — Unités de mesure; *W. Moon.*

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Juin. — Commutatrices; *E. Wilson.* — Action des régulateurs sur la marche en parallèle des alternateurs; *E. Wilson.* — Arcs sifflants; *H. Ayrton.*

Aout. — Mesure de la capacité de longs câbles sous-marins; *J. Elton Young.* — Locomotives électriques et résistance à la traction dans les tunnels; *P. Mc Mahon.* — Courants alternatifs de haute fréquence; *W. Royal Dawson.* — Synchronisation des alternateurs; *R. Gardner* et *R. Howgrave Graham.*

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

11/6. Des transports d'énergie dans les industries du chanvre et du jute; *W. Schelkes.* — État de la téléphonie en Autriche; *H. von Helrigl.*

14/6. Rapport sur les projets de règlement pour les installations électriques; *F. Ross.* — Projet de réglementation d'après les décisions du Comité de l'« Elektrotechnische Verein » de Vienne; *F. Ross.* — Systèmes mixtes à courants alternatif et continu pour traction, et en particulier système Déri; *F. Eichberg.* — Mesure du glissement des moteurs asynchrones; *Rosenberg.* — Description des deux bureaux centraux nouvellement construits à Vienne; *B. v. Wehrenalp.* — Réglementation des concessions électriques; *Horten.* — Rapport sur le projet de loi relatif aux expropriations pour les services électriques; *J. Kareis.* — Opportunité de la fixation d'échelle pour les compteurs; *J. Sahulka.*

25/6. Montage d'enroulements ouverts à courant continu; *G. Osanna.* — Statistique des usines électriques; *E. Honigmann.* — Feeders de retour (*suite*); *Böhm Raffay.*

2/7. Lampes économiques à incandescence; *B. Montel.* — Feeders (*suite*); *B. Böhm Raffay.*

9/7. Installation électrique pour signaux du block-system; *Krizik.*

16/7. Installations d'éclairage électrique avec moulins à vent; *E. Dick.*

23/7. Installations d'éclairage (*suite*); *E. Dick.* — Feeders (*fin*); *B. Böhm Raffay.*

30/7. Télégraphie rapide Pollak-Virag; *J. Pinter.* — Utilité des batteries tampons; *L. Gebhard.* — Installations d'éclairage (*fin*); *E. Dick.*

6/8. Utilité (*fin*); *L. Gebhard.*

13/8. Calcul des tramways électriques; *J. Fekl.*

20/8. Contribution à la mesure des résistances des terres; *R. Nowotny.*

27/8. Cloches à signaux électriques.

3/9. Transformateur redresseur, d'après le panchahuteur Hutin et Leblanc; *L. Kallir.* — Calcul des tramways; *J. Fekl.*

10/9. Tramways de Reichenberg avec batterie tampon; *U. Schopp*. — Avertisseur automatique pour lignes à cloche, avec courant de repos; *H. Fillunger*.

17/9. Étalonnage des compteurs et autres appareils de mesure; *J. Sahulka*. — Fabrication de carbure de Saint-Marcello; *C. Pio*.

24/9. Étalonnage (*suite*); *J. Sahulka*. — Statistique de la basse Autriche en 1898.

1/10. Station de Promontor; *E. Pick*. — Compteur Beyer pour tramways; *E. Honigmann*.

8/10. Étalonnage (*suite*); *J. Sahulka*. — Éclairage et transport d'énergie du Palmen-Garten de Francfort; *E. Lehmann Richter*.

15/10. Étalonnage (*fin*); *J. Sahulka*. — Équivalence des montages en étoile et en triangle; *A. Kennely*.

22/10. Recherches spectro-photométriques sur l'arc à courant continu; *E. Lehmann Richter*.

29/10. Essais de traction électrique sur chemins de fer.

5/11. L'électricité avant Volta; *E. de Fodor*.

INFORMATION.

Le 27 décembre 1899
8 janvier 1900 s'ouvre à Saint-Pétersbourg le premier Congrès des Électriciens russes, convoqué avec l'autorisation des Ministères de l'Intérieur et des Finances sous les auspices de la Société Impériale Technique de Russie.

Le but poursuivi par ce Congrès consiste dans le rapprochement réciproque entre les électriciens russes, dans la démonstration des inventions les plus récentes dans le domaine de l'Électricité et son application à l'industrie, l'étude de l'état actuel de l'industrie, de l'instruction électrotechnique en Russie, les mesures à prendre pour son développement, etc.

En même temps sera organisé dans les locaux de la Société Impériale Technique de Russie (Panteleimonskaja, 2), où auront lieu les Séances du Congrès, une exposition des plus nouveaux appareils et des inventions électriques, où seront admis aussi les dessins, plans et modèles de ces inventions des électriciens russes et étrangers. Le Ministère des Finances a concédé aux exposants étrangers la franchise de droit de douane sur les objets exposés, à la condition que les objets soient de nouveau réexpédiés à l'étranger dans le délai d'un mois après la clôture de l'Exposition.

Les renseignements détaillés concernant les règlements de l'Exposition et du Congrès seront fournis dans les bureaux de la Société Impériale Technique de Russie, à Saint-Pétersbourg (Panteleimonskaja, 2), en s'adressant au Comité du Congrès.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Récents dispositifs pour l'éclairage par arc (M. **X. Gosselin**), p. 443. — Discussion (MM. **Aliamet**, **Eug. Sartiaux**, **Hegner**), p. 450, 456. — La production de l'électricité par la combustion des ordures ménagères (M. **Lauriol**), p. 468.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 481.

OUVRAGES OFFERTS, p. 486.

TABLE DES MATIÈRES DES PÉRIODIQUES ÉTRANGERS, p. 489.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS, p. 507.

TABLE DES MATIÈRES, p. 509.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 décembre 1899 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. J. VIOLLE.

La séance est ouverte à 8^h35^m soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Société (voir p. 486) et des demandes d'admission suivantes :

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Basset (Raoul-Marie-Auguste-Eugène), Élève Ingénieur à l'École supérieure d'Électricité, 13, boulevard Voltaire, à Issy-les-Moulineaux. — Présenté par MM. Ch. David et X. Gosselin.

Herrmann (Maximiliano), Industriel, Constructeur d'appareils électriques, 6, calçada do Lavra, à Lisbonne (Portugal). — Présenté par MM. F. Castanheira das Neves et A. Sabourain.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de M. Brix; il en exprime ses regrets au nom de la Société.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

RÉCENTS DISPOSITIFS POUR L'ÉCLAIRAGE PAR ARC.

M. X. GOSSELIN. — « Messieurs, il est d'usage constant dans l'éclairage par arc d'intercaler en tension, avec les régulateurs, une résistance fixe appelée communément *rhéostat d'arc*. L'objet de cette résistance est de régulariser le courant qui traverse le circuit et d'atténuer dans une grande mesure les variations d'intensité auxquelles donnent lieu les variations de longueur de l'arc au moment du réglage. Cette résistance vient puissamment en aide au mécanisme régulateur, et tous ceux qui ont manié les lampes à arc savent qu'avec une grande résistance dans le circuit d'un régulateur assez médiocre, on arrive à le faire fonctionner convenablement.

» Évidemment, il était désirable de supprimer ce rhéostat d'arc, parce que si, d'un côté, il augmente la sûreté de fonctionnement des lampes, il l'augmente au prix d'une quantité notable d'énergie consommée en effet Joule.

» Lorsque, dans un circuit à 110 volts, on vient brancher deux lampes à arc en tension, on consomme aux arcs 90 volts au maximum et 20 volts dans la résistance additionnelle.

» Dès 1889, Schukert et C^{ie}, de Nuremberg, ont publié dans une revue technique allemande des essais sur le fonctionnement de trois lampes à arc en tension sur un réseau de 110 volts sans résistance intercalaire.

» Les essais faits au moyen de lampes de Pilsen munies de crayons de bas voltage furent satisfaisants, mais ne donnèrent lieu à aucune application pratique.

» M. Hegner reprit le problème au moyen de sa lampe à arc différentielle.

» L'appareil est du type à mouvement d'horlogerie monté en bascule et relié à un levier actionné par l'armature en fer doux d'un solénoïde différentiel. Quand le mouvement d'attraction de la bobine en série prédomine, le mécanisme de défilage des charbons se trouve enclenché et le rappel à l'allumage s'effectue. Au con-

traire, si l'attraction de la bobine en dérivation l'emporte, le mouvement d'horlogerie est déclenché et les charbons se rapprochent. Une pompe à air attelée sur le levier en régularise les mouvements. Je n'insiste pas autrement sur les détails de construction et de fonctionnement de ce régulateur, d'ailleurs assez connu.

» La partie originale du dispositif de M. Hegner consiste dans son rhéostat automatique. Il est facile de voir, par un calcul très simple, que dans un circuit de trois arcs, disposés en tension sur 110 volts sans résistance additionnelle, l'intensité du courant peut devenir considérable si l'un des foyers, par un accident quelconque, vient à être mis en court-circuit. On peut bien, il est vrai, protéger la ligne, comme il est d'usage général, par des fusibles, mais la protection, dans le cas qui nous occupe, paraît inefficace.

Fig. 1.

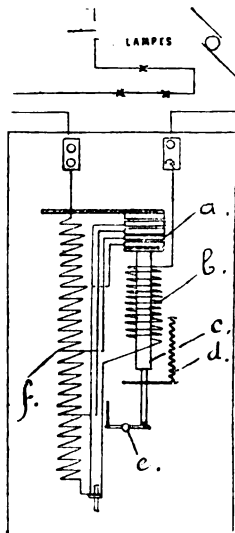
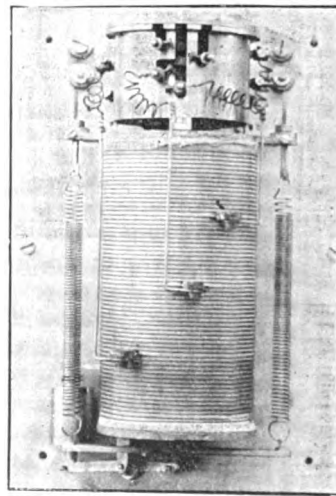


Fig. 1 bis.



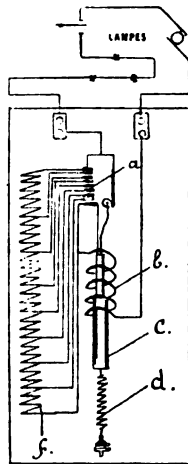
» En effet, ces fusibles doivent avoir une section assez grande pour supporter, sans fondre, le courant d'allumage. Or, l'intensité de ce courant est toujours supérieure à l'intensité limite que pourraient supporter les bobines des appareils pendant un temps prolongé. Il en résulte que les lampes pourraient être brûlées sans que les plombs aient été fondus.

» Frappé de cet inconvénient grave, M. Hegner a muni le circuit

des trois lampes d'un rhéostat automatique qui s'intercale de lui-même si l'intensité du courant s'élève au-dessus de sa valeur normale, et qui se supprime quand le fonctionnement est régulier.

» Le rhéostat se compose d'une bobine en tension avec le circuit, sur lequel est enroulé une résistance fractionnée en quatre sections mises en court-circuit par une boîte à contacts placée au-dessus de la bobine (*fig. 2*).

Fig. 2.



» Vous voyez en *b* la bobine en question, en *f* se trouve la résistance. La boîte à contacts étant *a*, *d* est le ressort de rappel qui tend, en marche normale, à pousser le barreau C sur les contacts *a* pour les coller ensemble; aussitôt que, par suite de l'intensité grandissante, l'équilibre est rompu entre les ressorts de rappel et la bobine, le barreau C du solénoïde se trouve attiré dans l'intérieur de la bobine, coupe successivement les contacts entre les différents charbons et met dans le circuit une ou plusieurs sections de la résistance.

» Un second mode de construction du rhéostat automatique est représenté par la *fig. 3*, où les contacts en charbon employés habituellement sont remplacés par des contacts à friction.

» Vous pouvez voir fonctionner sous vos yeux trois lampes de M. Hegner. Vous verrez en même temps l'action modératrice du rhéostat automatique. Il s'intercale à l'allumage; les disques de court-circuit se séparent et les sections de la résistance entrent successivement en jeu pour s'éliminer en marche normale.

» Si je supprime l'un des foyers en le mettant en court-circuit, simulant ainsi un accident possible, le courant, qui prendrait une valeur considérable et dangereuse, sans le rhéostat, conserve, grâce à lui, une valeur normale de 8 ampères, ainsi que le montre l'ampère-mètre.

» Voici l'expérience de contrôle. Je rétablis les trois arcs en série et je supprime d'abord du circuit le rhéostat automatique; je supprime ensuite l'un des foyers. Vous voyez les deux autres prendre une allure dangereuse. Les charbons rougissent sur une grande longueur et le courant atteint une valeur voisine de 40 ampères. Si on laissait l'expérience se prolonger, les lampes restées en circuit seraient infailliblement brûlées. Ainsi, le danger d'un accident par la mise en court-circuit d'un des foyers, quand les arcs fonctionnent sans rhéostats, n'est pas douteux.

» Cependant, MM. Vigreux et Brillé ont construit et mis en fonctionnement sans rhéostat un grand nombre de leurs régulateurs : aucun accident n'a encore été signalé.

» Voici, Messieurs, une vue du mécanisme de la lampe différentielle de MM. Vigreux et Brillé.

» Ce régulateur est du système différentiel et à frein.

» Les porte-charbons sont suspendus par des cordelettes s'enroulant en sens inverse sur des poulies fixées sur un même arbre placé à la partie supérieure de la lampe.

» L'excédent de poids du porte-charbon supérieur tend à entraîner cet arbre qui, par l'intermédiaire d'une roue dentée et d'un pignon, communique son mouvement à un volant libre de tourner sur son axe.

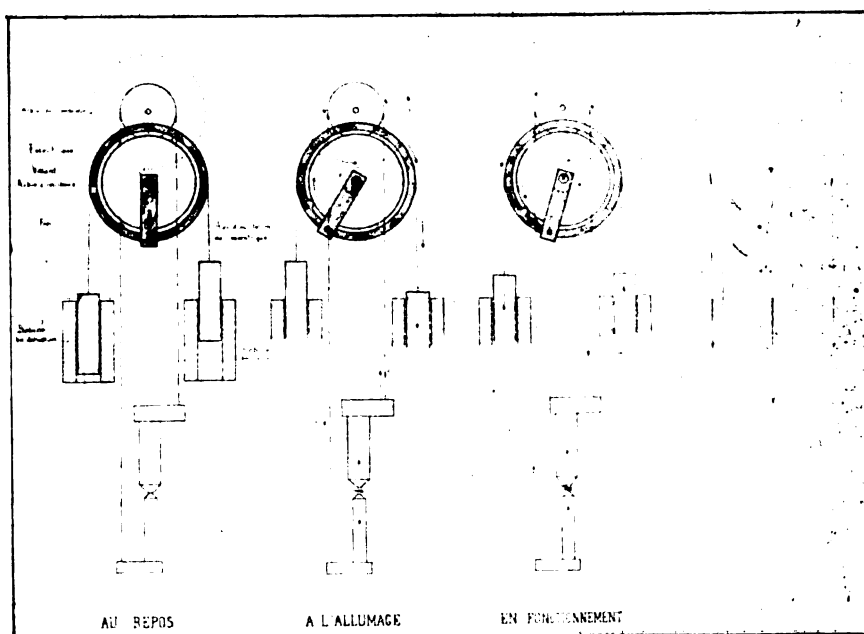
» Cet axe est terminé à chaque extrémité par des couteaux de balance et peut osciller légèrement, il supporte à son extrémité un excentrique entourant le volant et sur lequel est fixé un sabot de frein.

» Les noyaux de deux bobines, l'un en série, l'autre en dérivation, sont suspendus à deux chainettes s'enroulant sur l'excentrique et, au-dessous de ces noyaux, sont placés deux amortisseurs.

» Si nous supposons le frein appliqué sur le volant, l'excentrique se trouve alors, par construction, concentrique à l'arbre du volant, et l'on voit que la lampe se compose d'une balance excessivement

sensible, mobile sur les couteaux de cet arbre et en équilibre sous l'action des poids des différentes pièces, de l'attraction des bobines et de l'effort d'entraînement du volant sur le frein.

Fig. 3.



» Le mouvement de cette balance est transmis directement aux charbons dans un rapport réduit, de sorte qu'à un faible effort et un grand déplacement des noyaux correspondent un effort énergique et un petit mouvement aux charbons; il en résulte un réglage sûr, indépendant du poids des charbons et du frottement des guides.

» Les noyaux des deux électros sont reliés à des amortisseurs destinés à arrêter les oscillations rapides de la balance et à faciliter l'allumage.

» Dans la position de repos le noyau de l'électro en dérivation est complètement enfoncé, le centre d'oscillation de l'excentrique est à peu près sur la verticale de l'arbre à couteaux, les forces agissant sur les chainettes reliées à l'excentrique n'ont qu'une action très faible pour le faire tourner autour de son axe d'oscillation.

» Lorsque le noyau de l'électro en série s'enfonce sous l'action prépondérante de ce solénoïde, la distance du centre d'oscillation

de l'excentrique à la verticale du volant augmente; avec cette distance augmente l'effort de serrage du frein, qui devient très énergique lorsque le noyau de l'électro en série est complètement enfoncé.

» Un ressort antagoniste fixé à l'excentrique tend au contraire à desserrer le frein, il est réglé de façon que dans les conditions normales le frein laisse défilé le volant dans une position moyenne de la balance.

» A l'allumage le noyau de l'électro en série est attiré fortement, le frein se serre et les charbons s'écartent en donnant à l'arc la longueur voulue pour le régime normal.

» L'usure se produisant, le déplacement des noyaux provoque le rapprochement des charbons, pour des variations insignifiantes de régime, par la rotation de l'arbre à couteaux, jusqu'au moment où le frein, qui se desserre de plus en plus, par suite même de cette rotation, laisse glisser le volant.

» Pendant que ce glissement s'effectue, le frein se trouvant plus légèrement entraîné par le volant, l'équilibre de la balance est rompu avant toute variation de régime et l'excentrique se déplace en sens inverse, provoquant par ce mouvement même un nouveau serrage du frein venant immobiliser le volant.

» En un mot, en marche normale, le volant tourne d'une façon continue, tandis que l'excentrique fait de petites oscillations autour de son axe dans la position correspondant au glissement du frein, et le réglage se fait sans variation appréciable de régime.

» Le réglage est d'ailleurs indépendant de la pénétration des noyaux dans leur bobine, un contrepoids à action variable étant combiné avec l'attraction des noyaux pour que l'équilibre de ceux-ci existe dans toute position pour le régime normal.

» Le serrage du frein, qui ne dépend que de la position de ces noyaux, ne trouble en rien ces conditions d'équilibre du système.

» Il résulte de cette disposition que la force du ressort de l'excentrique, le coefficient de frottement du frein, les trépidations, etc., n'ont d'autre effet que de laisser glisser le frein dans une position différente des noyaux sans rien changer au régime de marche.

» Aucun ressort ni contrepoids réglable n'intervient dans l'étalement de la lampe, qui est fait par la bobine en série sur laquelle

est mise en dérivation une résistance réglée une fois pour toutes ; la lampe peut être démontée et remontée sans qu'il soit utile de la régler à nouveau.

» Les lampes se montent en nombre quelconque en série sur des circuits quelconques sans qu'il soit nécessaire d'intercaler de rhéostats sur les lignes, il suffit qu'il y ait disponibles par lampe environ 35 et 45 volts.

» Il est, par suite, possible de les placer :

1	à	partir	de	36	volts	(18	accumulateurs	par	exemple),
2		sur		75	volts	à	90	volts,	
3		»		110	»	à	135	»	
5	à	6	»	200	»	à	250	»	
10	à	12	»	400	»	à	500	»	

» Comme la perte en ligne est souvent inférieure à 5 pour 100, on arrive à utiliser aux arcs environ 95 pour 100 de l'énergie disponible.

» L'augmentation de lumière obtenue par cette marche sans résistance, sur la marche des régulateurs actuels, est évidente quand la différence de potentiel disponible permet d'augmenter le nombre des foyers en conservant à chacun d'eux le même voltage.

» C'est le cas de distributions à

120 à 125 volts	en plaçant 3 lampes	au lieu de 2,
210 à 220 volts	» 5 lampes	» de 4.

» Un certain nombre de secteurs de province (Rouen, Nancy, Toulouse, etc.) marchent aux voltages ci-dessus.

» L'économie est alors comprise entre 20 et 33 pour 100 et pour une même dépense l'on obtient de 30 à 40 pour 100 de lumière supplémentaire.

» Dans les autres cas, cette économie peut être déduite des essais photométriques classiques. L'éclairement est fonction de l'intensité du courant, de la différence de potentiel aux charbons et du diamètre et de la nature de ceux-ci. Les essais photométriques montrent que le rendement lumineux augmente avec le voltage jusque vers 45 volts, avec l'intensité du courant et en raison inverse de la section des charbons.

» D'autre part, l'expérience montre que l'usure des charbons diminue avec le voltage à l'arc et l'on peut, pour un courant d'une intensité donnée, tout en conservant pour un type de lampe déterminé la même durée d'éclairage, réduire le diamètre des crayons, lorsque le voltage, dont on dispose par arc, se trouve inférieur à 40 volts.

» Il en résulte que si l'on se trouve obligé de fonctionner à bas voltage, la perte de rendement lumineux due au bas voltage peut être retrouvée en partie par la diminution du diamètre des crayons.

» D'ailleurs un essai très simple et très démonstratif consiste à disposer dans un local six arcs de 8 ampères, par exemple, fonctionnant en trois groupes de deux par deux en série sur 110 volts avec rhéostat intercalé, et à mesurer l'éclairement ainsi obtenu. On remplace ensuite ces six arcs par six autres fonctionnant cette fois en deux groupes de trois par trois sur 110 volts et sans résistance. On constatera que pour ramener l'éclairement à la valeur obtenue dans l'expérience précédente on doit faire passer dans les régulateurs un courant de 9^{amp}, 5. La dépense est dans le premier cas 24 ampères, dans le second 19 ampères. L'économie résultante est d'environ 21 pour 100. L'expérience paraît probante.

» Je voudrais maintenant, Messieurs, céder la parole à ceux de nos collègues que la question intéresse particulièrement et qui sont plus compétents que moi sur l'éclairage par les arcs à bas voltage. »

M. ALIAMET. — « Permettez-moi d'ajouter à ce qui vient d'être dit quelques considérations sur la marche des arcs alternatifs ou continus, alimentés par des circuits dont la résistance est très faible, ce qui est le cas lorsque l'on désire profiter de toute la tension disponible pour placer trois arcs en série sous 110 volts.

» Vous savez que le fonctionnement stable d'un arc nécessite l'emploi d'une résistance placée en série avec lui, que cette résistance soit tout entière en ligne ou qu'à celle-ci on adjoigne un rhéostat de réglage.

» L'effet évident de cette résistance est de réduire l'amplitude des variations de résistance qui se produisent pour l'arc quand sa longueur varie pour une cause quelconque (modification de la ré-

sistance de l'arc, ou présence d'impuretés dans les charbons, etc.).

» Avec une ligne de résistance négligeable, l'intensité du courant peut passer de la valeur du court-circuit à la valeur normale, et cela pour de faibles écarts de longueurs d'arc.

» Grâce à la résistance généralement employée, tout se passe comme si la tension appliquée à l'arc variait automatiquement, suivant une fonction plus ou moins approchée de celle de la variation de résistance de l'arc lui-même, l'approximation augmentant avec la résistance du circuit. Si l'on emploie le courant alternatif, on peut, il est vrai, remplacer le rhéostat par une bobine de réactance ou de self-induction et diminuer la perte d'énergie qu'il faut *consentir* pour obtenir la stabilité, mais si l'on cherche à monter trois arcs alternatifs en tension sous 110 volts, l'élasticité est naturellement bien diminuée et l'on retombe à très peu près dans les inconvénients relatifs au courant continu, inconvénients que nous allons passer en revue.

» Lorsque la chute de tension en ligne est très faible, c'est à la sensibilité de la lampe elle-même qu'il faut demander de limiter les variations d'intensité du courant.

» Les lampes destinées à fonctionner sur des circuits peu résistants doivent donc obligatoirement posséder un mécanisme obéissant rapidement et assurant non seulement le rapprochement des charbons, mais permettant, en outre, à *chaque instant* leur recul immédiat.

» A cause de l'inertie des pièces en mouvement, les positions d'équilibre ne peuvent manquer d'être dépassées et l'on est certain du *pompage* si l'on n'a pas muni les lampes d'un dispositif amortisseur leur donnant une certaine apériodicité.

» Les lampes montées en série par trois sous 110 volts doivent donc nécessairement être à recul et munies d'amortisseurs, généralement constitués par un jeu de pompe à air.

» Recul et apériodicité relative permettent donc d'obtenir une certaine constance de la puissance dépensée dans l'arc, mais la tension à l'arc varie et la longueur de celui-ci se modifie continuellement, s'allongeant ou se raccourcissant suivant toutes les particularités des variations de résistance.

» A ces variations de longueur d'arc correspondent d'importants

écarts dans le rendement lumineux et finalement l'effet sur l'œil est insupportable.

» Pour éviter cet effet, il ne suffit donc pas d'un wattage sensiblement constant; il faut, de plus, un rendement lumineux constant, ce qui implique la fixité de longueur de l'arc.

» Le seul palliatif réside dans l'emploi de charbons impeccables et spéciaux; ils sont, quand on peut les trouver, d'un prix élevé et on les trouve difficilement chez les meilleurs fabricants.

» Malgré l'emploi de ces charbons spéciaux dont le but est de faire servir le moins possible le mécanisme de recul, il se présente souvent lors du premier allumage des phénomènes particulièrement fâcheux.

» Si l'intensité du courant ne diminue pas assez rapidement, lors de l'allumage, la pointe du crayon positif se trouve portée à une température excessive; elle est *brûlée*, comme on dit, et perd de ses qualités.

» Le fonctionnement devient alors mauvais comme si l'on employait des charbons de qualité inférieure, et il reste mauvais souvent bien longtemps après que la portion de charbon primitivement détériorée se trouve consumée.

» Force donc est de revenir au rhéostat quitte à ne l'employer que pendant la période d'allumage ou quand l'arc devient par trop court.

» C'est cette idée qui a conduit à disposer des rhéostats automatiques dont les diverses sections s'introduisent ou s'éliminent du circuit au moment propice; ce sont des appareils délicats et dont le fonctionnement régulier est plus que difficile à obtenir.

» D'autres fois, on se contente d'un rhéostat simplement manœuvré à la main au moment de l'allumage; c'est un rhéostat de démarrage qui ne peut intervenir pendant la marche lorsque cela devient nécessaire; son effet est donc insuffisant.

» En résumé, quelles que soient les précautions prises, les arcs montés sur des lignes de très faible résistance ne peuvent avoir autant de fixité du flux lumineux que les arcs montés sur des circuits formant volant de tension.

» Examinons maintenant l'effet produit par des arcs en série par trois sous 110 volts.

» La tension maximum disponible par arc est de

$$\frac{110}{3} = 36 \text{ volts environ.}$$

» Cette tension ne dépasse pas 35 volts en réalité, car la résistance de la ligne ne peut être nulle.

» Sous 35 volts, l'arc est court; le cratère positif, qui fournit presque tout le flux lumineux, est notablement *occulté* par la pointe du crayon négatif et le rendement lumineux est mauvais.

» En pratique, si l'on observe un arc de 35 volts placé dans un globe diffuseur, on constate la présence de grandes zones obscures.

» La partie bien éclairée se réduit à la surface comprise entre les deux cônes α , β (*fig. 1*); l'effet produit est plutôt maigre.

» C'est vers 52 volts que le rendement des arcs ordinaires est maximum. A cette tension correspond une longueur d'arc malheureusement défavorable à la stabilité; aussi faut-il se contenter du fonctionnement vers 44 volts, généralement adopté, et donnant un arc stable d'environ 4^{mm} de long avec un rendement lumineux très acceptable.

» Quel est maintenant le bénéfice obtenu en dépensant dans un troisième arc la puissance habituellement perdue par effet Joule dans la ligne?

» Pour les arcs fonctionnant par deux en tension sous 110 volts, on perd en ligne

$$110 - 2.44 = 22 \text{ volts.}$$

» Pour les arcs montés par trois en tension sous 110 volts, on perd en ligne

$$110 - 3.35 = 5 \text{ volts.}$$

» La différence est

$$22 - 5 = 17 \text{ volts.}$$

» La puissance récupérable est $17i$, i étant l'intensité du courant.

» Pour utiliser ces $17i$ watts, on est entraîné à sacrifier le rendement des trois arcs et la fixité du flux lumineux.

» Rien n'est moins démontré que l'obtention d'une somme de trois flux lumineux supérieure à celle des deux flux correspondant à l'usage de deux arcs seulement.

» L'emploi d'une troisième lampe augmente la division de la lumière, et c'est ce qui peut faire croire au premier abord à une augmentation finale de celle-ci; mais, de nouveau, cette augmentation ne paraît pas démontrée.

» En réalité, pour que l'emploi de trois arcs en série donne des résultats réels, il faut les alimenter sous une tension de 130 volts environ.

» Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point, car, pour le moment, il y a lieu d'examiner la majoration du poids de cuivre qu'il faut consentir pour passer du montage à deux arcs au montage à trois arcs en série sous 110 volts.

» Soit e la perte en volts consentie dans la ligne, l la longueur totale de cette ligne en mètres et S sa section en millimètres carrés. Pour un courant de i ampères, la section doit être pour le cuivre, à la température de 15° C.,

$$S = \frac{1}{e} 0,017 li.$$

» Dans le cas de deux arcs en série, il y a 22 volts à absorber sur 110. On en perd généralement 15 en moyenne dans la ligne et les 7 autres dans le rhéostat qui la complète en permettant d'ajuster et de régler sa résistance à la valeur nécessaire.

» La ligne doit donc avoir une section :

$$S = \frac{1}{15} 0,017 li = 0,00113 li.$$

» Pour pouvoir monter trois arcs en série sous 110 volts, la section et, par suite, le poids de cuivre et son prix sont triplés; on a, en effet,

$$S' = \frac{1}{3} 0,017 li = 0,0034 li.$$

» Ce résultat est d'ailleurs évident *a priori* puisque, dans les deux cas, les pertes en ligne sont dans le rapport $\frac{15}{5} = 3$.

» Cette majoration de 200 pour 100 peut être trouvée négligeable dans le cas de petits locaux à éclairer, comme les magasins ordinaires dont les canalisations sont exceptionnellement courtes et qui disposent de 110 volts au coffret d'alimentation.

» Il en est tout autrement lorsqu'il s'agit d'éclairer de grands magasins, des boulevards, des gares de chemins de fer, etc.

» La dépense de premier établissement devient alors prohibitive eu égard au résultat à obtenir.

» Pour terminer, il reste à envisager la question de fonctionnement de trois lampes en série, alimentées sous une tension voisine de 130 volts.

» Les dépenses relatives à l'établissement de la ligne deviennent abordables; les arcs ayant 39 ou 40 volts aux bornes sont presque normaux, et la plus grande partie des inconvénients constatés à 110 volts disparaissent à 130 volts. C'est un point qui a son importance.

» Les stations qui fournissent l'énergie électrique pour l'éclairage ont tout intérêt à augmenter la tension de distribution. Ce qui ne peut être réalisé pour le gaz, dont la distribution est destinée à rester le comble de la basse tension, peut heureusement se faire pour l'électricité. L'état actuel de la fabrication des lampes à incandescence le permet aisément.

» Dans cette voie, l'augmentation de capacité d'un réseau donné peut devenir importante et l'intérêt qui en résulte peut aller jusqu'au sacrifice des dynamos des stations centrales. C'est ce qui vient de se passer en Angleterre, où l'emploi des lampes à incandescence fonctionnant directement sous 220 volts se généralise beaucoup.

» Les stations, devant le bénéfice résultant d'un réseau dont la capacité se trouvait quadruplée, n'ont pas hésité à remplacer leurs dynamos et à substituer à l'ancien appareillage des types nouveaux spécialement étudiés dans ce but.

» En France, nous avons l'exemple de la ville d'Amiens, où le système à 220 volts entre deux fils fonctionne depuis quelque temps. Il n'est pas douteux que les secteurs parisiens arriveront à marcher à 220 volts aux bornes des lampes à incandescence, dans un avenir peut-être assez rapproché.

» Pour conclure, les distributions passeront vraisemblablement de 110 à 220 volts sans s'arrêter à la solution de 130 volts qui ne serait que transitoire.

» Il est permis maintenant de se demander ce que devient l'intérêt de l'arc par trois lampes en tension.

» La solution la plus probable sera la marche des arcs par quatre

en série sous 220 volts, avec 44 volts de chute de tension en ligne et 44 volts à chaque arc. Ceux-ci fonctionnent alors dans d'excellentes conditions.

» Faisons remarquer que, dans cette discussion, nous avons voulu critiquer non les lampes à recul et à pompes-amortisseur, car nous pensons, au contraire, que l'avenir est à ce genre de lampes munies d'excellents charbons.

» Nos critiques s'adressent uniquement à l'idée de la marche des arcs par trois en tension sous 110 volts; mieux vaudrait celle de deux arcs fonctionnant sous 100 volts. »

M. E. SARTIAUX. — « Messieurs, je vous demande la permission d'ajouter, aux intéressantes explications qui viennent de nous être données, les quelques observations suivantes :

» Les très rares constructeurs de lampes à arc qui préconisent les lampes en tension par trois sous 115 volts ont peut-être en vue, je le crains, de vendre à leurs clients trois lampes au lieu de deux. C'est une intention très légitime, mais qui va, il me semble, à l'encontre de l'économie et du bon fonctionnement qu'ont le droit d'exiger ces mêmes clients. Ce qu'il faut surtout faire constater, c'est que ces constructeurs n'ont envisagé cette solution que pour les cas où les trois lampes à alimenter sont reliées sur un feeder qui passe au pied même de l'établissement à éclairer. Il en résulte que la résistance du circuit est nulle et la chute du potentiel de même. Avec le courant alternatif, l'arc ne commence à s'allumer franchement qu'avec un courant de 8 ampères au minimum, et, pour qu'il soit normal, la pratique montre qu'il faut 10 ampères avec 38 volts aux bornes et une fréquence de 45 volts. Avec le courant continu, on peut obtenir des arcs avec une intensité plus réduite; mais, si le circuit n'a pas un peu de volant, les lampes restent au collage et, par conséquent, consomment de l'énergie en n'éclairant que médiocrement.

» Dans ces conditions, je ne saisis pas bien les avantages de ce que l'on nous propose aujourd'hui. »

M. HEGNER. — « Bien que la lampe à arc soit d'un emploi constant, on a généralement, dans le monde des électriciens, en dehors

de certain milieu de spécialistes, des idées plutôt vagues sur cet appareil et quelquefois même des notions inexactes.

» Il serait peut-être utile, pour la bonne intelligence de la question qui nous préoccupe aujourd'hui, de faire une étude rapide des conditions de fonctionnement de cet appareil.

» Prenons un courant de 110 volts et d'une intensité de 6 ampères, soit 660 watts.

» Si nous voulons transformer cette énergie en lumière au moyen de trois lampes à arc et en admettant que la résistance de la ligne soit de $0^{\text{ohm}},33$, ce qui représenterait une perte de 2 volts, nous aurons 108 volts aux bornes du groupe de trois lampes et en équation, d'après la formule $I = \frac{E}{R}$,

$$110 = 108 + (0,33 \times 6),$$

c'est-à-dire

$$E = \varepsilon + RI,$$

ε étant la force électromotrice aux bornes du groupe; et en supposant E constant et en différenciant

$$0 = \Delta \varepsilon + R \Delta I, \quad \text{d'où} \quad \Delta I = - \frac{\Delta \varepsilon}{R}.$$

» En admettant que nous ayons des lampes à potentiel fixe, pour mettre en tension par trois sur 110 volts, nous trouverons au moment où les trois lampes auront réglé ensemble, en admettant que chaque lampe ne nécessite que 2 volts pour opérer son réglage, un écart de 6 volts aux bornes du groupe; par conséquent nous obtiendrons

$$\Delta I = - \frac{6}{0,33} = 18 \text{ ampères},$$

c'est-à-dire qu'il y aura 18 ampères d'écart en plus du régime normal qui est de 6 ampères; nous aurons donc comme débit

$$(18 + 6) \times 110 = 2640 \text{ watts}$$

au lieu de 660 watts de régime prévu.

» En réduisant la variation à 2 volts pour le groupe, pour une seule lampe réglant sur trois, nous obtenons

$$\Delta I = - \frac{2}{0,33} = 6 \text{ ampères},$$

c'est-à-dire que nous aurons

$$(6 + 6) \times 110 = 1320 \text{ watts}$$

au lieu de 660 watts de régime prévu.

» Il est évident qu'il ne faut pas, dans ces conditions, songer à faire marcher trois lampes en tension.

» Pour les deux lampes marchant en tension, le tableau se présentera comme suit :

» Les deux lampes absorbant ensemble 80 volts, il y a lieu de perdre 30 volts dans une résistance intercalée dont la valeur sera donnée par l'équation

$$6 = \frac{30}{x}, \quad \text{d'où} \quad x = 5 \text{ ohms.}$$

» En reprenant la formule précédente, nous aurons

$$110 = 80 + (5 \times 6),$$

et la différence dans le régime, en prenant $\Delta \varepsilon = 4$ volts pour les deux lampes réglant ensemble,

$$\Delta I = -\frac{4}{5} = 0,8 \text{ ampère,}$$

soit

$$(6 + 0,8) \times 110 = 748 \text{ watts,}$$

et en prenant $\Delta \varepsilon = 2$ volts pour une lampe réglant seule,

$$\Delta I = -\frac{2}{5} = 0,4 \text{ ampère,}$$

soit

$$(6 + 0,4) \times 110 = 704 \text{ watts}$$

au lieu de 660 watts de régime prévu, ce qui est une variation parfaitement acceptable en pratique.

» Pour obtenir un fonctionnement équivalent avec des lampes marchant par trois en tension, il ne faudrait pas que les variations fussent supérieures à $0,8 \times 0,33$, ce qui donne 0,264 volt, soit environ $\frac{1}{4}$ de volt.

» Comme les lampes à potentiel fixe font un écart minimum de 2 volts au réglage, chose qui est convenue et dont la démonstration ne semble pas utile, nous sommes amenés à cette conclusion qu'il est impossible d'utiliser ces lampes pour une marche par trois en tension.

» Les lampes à potentiel fixe sont donc à éliminer de cette application.

» Les lampes différentielles dans lesquelles à côté de la force électromotrice, seul facteur de réglage des lampes à potentiel fixe, intervient un deuxième facteur de réglage, c'est-à-dire l'intensité, pourront seules être utilisées et, en effet, les résultats obtenus en pratique sont absolument concluants.

» Mais si le problème se trouve résolu au point de vue de l'écart produit dans le régime par le travail de réglage des lampes, il ne l'est pas si nous envisageons les écarts considérables occasionnés par la combustion des charbons.

» On sait combien la question des charbons dans les lampes à arc est importante, combien le fonctionnement des lampes, même d'une construction irréprochable, et ne marchant que par deux en tension, se trouve influencé par la qualité des charbons que l'on emploie.

» La question devient beaucoup plus ardue lorsqu'il s'agit de trois lampes marchant en tension sur 110 volts, sans aucun volant, surtout à cause de la nécessité de l'emploi de charbons à bas voltage.

» J'insiste sur la nécessité de l'emploi d'un charbon spécial, approprié au voltage disponible.

» Le voltage du charbon ne dépend ni de la mouture ni de la cuisson, mais exclusivement de la composition de la mèche.

» Plus cette mèche sera exempte de mélange additionnel destiné à augmenter la conductibilité de l'arc, plus la force électromotrice nécessaire pour la formation de l'arc sera élevée.

» L'insuffisance de connaissances de la fabrication du charbon, celle-ci ayant été pendant longtemps le secret de quelques maisons, a même mené à l'établissement d'une théorie sur la force contre-électromotrice de l'arc, qui est absolument erronée, et à la croyance de la nécessité d'un minimum de force électromotrice nécessaire pour la production de l'arc.

» Cette même théorie ancienne fait dire encore aujourd'hui qu'un arc de 35 volts doit nécessairement être très court et le rendement lumineux par conséquent défavorable. Il y en a même qui prétendent que les trois arcs de 35 à 36 volts en tension sur 110 volts, loin de présenter une économie en lumière sur deux lampes de 40 volts, constituent une perte en pouvoir éclairant, la somme de

lumière obtenue par les trois foyers étant inférieure à celle des deux anciens.

» En vérité, plus la mèche est exempte des matières additionnelles dont j'ai parlé plus haut, plus élevée sera la force électromotrice nécessaire pour la production d'un arc; par contre, plus la mèche sera riche de ces matières (silicates de potasse ou de soude, sels de magnésie ou autres oxydes), plus la force électromotrice nécessaire pour tenir l'arc sera moindre, ou, autrement, avec une force électromotrice donnée, on peut obtenir un arc très long ou très court, suivant que l'on emploie un charbon à mèche plus ou moins riche.

» Le pouvoir éclairant ne dépend pas de la force électromotrice employée, mais de la quantité d'atomes incandescents de charbon liquide se trouvant, dans l'arc, transportés d'un pôle à l'autre.

» Il faut par conséquent tenir compte, pour obtenir le maximum de rendement :

» 1° De la force électromotrice disponible;

» 2° De la longueur de l'arc nécessaire pour éviter l'enfouissement ou l'obstruction des rayons émis;

» 3° De la qualité et des dimensions des charbons à employer.

» Ceci est tellement vrai, qu'il y a trois ou quatre ans, au début de mes essais, nous trouvions au laboratoire de la rue de Staël, avec trois lampes en tension, 40 ou 50 pour 100 de lumière en moins qu'avec deux lampes de même intensité. Nous brûlions alors des charbons qui, avec 28 volts, tenaient un arc de 3^{mm} à 4^{mm} et, avec 35 volts, près de 1^{cm}. La quantité d'oxygène dégagée par la mèche était telle qu'elle absorbait instantanément tout le carbone liquide, au fur et à mesure de sa naissance, et les gaz métalliques réduisaient l'arc à l'état d'effluve.

» Par contre, les essais photométriques du professeur Dr Wedding, de l'École polytechnique de Charlottenbourg, avec trois lampes à arc de mon système, brûlant des charbons spéciaux, comparativement avec deux lampes à arc Siemens brûlant des charbons Siemens qualité A, ont donné comme coefficient de consommation pour mes lampes 0,514, et pour les lampes Siemens 0,554.

» Les résultats de ces expériences ont été communiqués à la Société des Électriciens de Berlin, par le professeur Wedding, le

22 novembre 1898, et vous en trouverez le compte rendu dans *l'Industrie Électrique* du 25 mars dernier.

» La qualité des charbons à employer a fait l'objet de longues recherches et de nombreux essais, et ce n'est qu'après six mois d'expériences avec le personnel technique de la maison Siemens que nous avons pu réaliser un charbon donnant ces résultats.

» Je citerai tel ingénieur qui me déclarait qu'il ne voulait pas employer mes arcs parce que je me servais d'un charbon spécial, et m'imposait l'emploi du charbon courant de 40 volts. Voyez comme il faut être prudent dans l'émission d'un avis et comme il est indispensable de se pénétrer d'un sujet avant de formuler un jugement qui soit exempt de toute critique.

» Je reprends l'étude de la lampe et je dis que si l'écart d'un quart de volt pour un groupe de trois lampes peut être maintenu par un dispositif rationnel d'organes mécaniques et d'organes électromagnétiques, cet écart se trouve à chaque instant dépassé par la combustion plus ou moins uniforme des charbons, suivant que la composition de la mèche est d'un mélange plus ou moins intime et uniforme.

» En examinant la lampe en fonction, on constate un mouvement continu de la balance différentielle, tantôt dans le sens de la bobine de dérivation, pour effectuer le rapprochement des charbons, tantôt vers la bobine en série dans le sens du recul, pour corriger un réglage trop précipité. On constate également des mouvements violents, des soubresauts aussi bien dans un sens que dans l'autre, occasionnés par des sauts d'intensité et qui ne sont également dus qu'au mélange défectueux des mèches.

» Pour empêcher des sauts trop brusques de la lumière, on emploie comme amortisseurs des pompes à air qui fournissent une résistance mécanique aux mouvements de recul et contribuent à la stabilité de la lumière.

» Ici se place le point le plus délicat de la question et un problème difficile à résoudre.

» En effet, pour maintenir l'écart total de réglage à une différence d'un quart de volt, on est obligé d'employer un mécanisme extrêmement sensible et susceptible d'obéir à la moindre variation du courant; mais, par contre, pour échapper aux dangers de sauts

violents provenant de l'irrégularité de la combustion des charbons et éviter les extinctions et les pompages qui s'ensuivraient, il faut que ce mouvement soit suffisamment lourd pour ne pas être influencé par des écarts très forts, de sorte que la question se pose comme suit :

» Nécessité absolue d'un appareil qui doit être extrêmement sensible et qui, en même temps, ne le soit pas.

» La solution de ce problème consiste dans l'application d'une pompe à air qui agit comme amortisseur dans le sens du recul, mais qui est libre dans le sens de la dérivation. Certains constructeurs proposent cette solution et l'appliquent à leurs lampes qui sont de véritables objets de précision.

» Cependant, nous nous trouvons, en matière de lampes à arc, en présence de traditions et de lois immuables établies par toute une génération de constructeurs et basées sur l'expérience. La lampe ne doit pas être un objet de précision, mais bien un objet aussi rustique que possible et la raison en est fort simple.

» La lampe à arc est un instrument qui est exposé aux plus grandes variations de température passant, suivant les saisons, de 15° à 20° de froid à 60° et plus au-dessus de zéro. Elle est exposée à toutes les variations atmosphériques, du beau fixe au brouillard le plus intense; il est facile de concevoir les condensations de vapeurs, les oxydations successives et l'encrassement rapide des organes qui doivent être de la plus grande simplicité, établis avec un jeu suffisant pour assurer leur bon fonctionnement, malgré toutes les poussières agglomérées et toutes les oxydations des pièces.

» La lampe à arc se trouve entre les mains de gens de toute catégorie : garçons de bureau, domestiques, hommes de peine, manœuvres, ouvriers d'usine, etc. Elle est employée, non seulement par les magasins des grandes villes comme éclairage de luxe, mais elle trouve son principal emploi comme objet indispensable et de première nécessité dans les grandes exploitations métallurgiques, sucreries, filatures, teintureries, gares et lignes de chemins de fer, en un mot dans toute la grande industrie, où chaque heure se traduit par de grandes différences, tant à l'actif qu'au passif, et où la question de l'éclairage joue un très grand rôle au point de vue de la qualité et de la continuité du travail.

» C'est justement dans ces milieux où le service est le plus intense que les motifs de dérangement sont les plus nombreux, les lampes étant exposées soit aux intempéries, soit aux inconvénients inhérents aux différentes industries : comme fumées, poussières, vapeurs corrosives, etc., en même temps que leur entretien se trouve réduit à sa plus simple expression, se traduisant par le seul changement des charbons effectué très souvent par de simples manœuvres. Les dérangements d'une lampe doivent, par conséquent, être aussi rares que les réparations faciles à exécuter sur place.

» Elle doit, par conséquent, être construite d'une façon telle qu'aucune oxydation des pièces ou accumulation de poussières ne puisse entraver sa marche. Elle ne doit comporter aucune pièce ajustée ou à friction, ni aucune pièce susceptible de grippement. Elle doit pouvoir être démontée et remontée avec facilité par un mécanicien quelconque sans que l'intervention du constructeur ou d'un spécialiste soit nécessaire. Du reste on est bien obligé de reconnaître que toutes les lampes dont la notoriété est indiscutée sont précisément celles dont la fabrication solide, voire même grossière, répond le mieux aux conditions de construction que je viens d'énumérer; en passant par les anciennes lampes Brush, Crompton et Pilsen, la Brook y Pell, la Bardou pour arriver à la Siemens à ruban, d'une construction plus moderne, nous trouvons partout chez le constructeur le même souci d'éliminer de sa fabrication tout ajustement délicat qui, à un moment donné, doit être une cause de fonctionnement défectueux.

» Fidèle à ces traditions et m'inspirant de l'expérience acquise par les fabricants des différents pays, je me suis efforcé de réunir dans un seul appareil tout ce que l'on trouve de mieux et de plus pratique dans ceux qui sont considérés comme les plus parfaits (voir *fig. 1*).

» J'ai adopté un mouvement d'horlogerie, parce que c'est celui qui est adopté de préférence dans les lampes modernes; parce que sa résistance à l'usure est indiscutable et qu'il répond le mieux au but que je me suis proposé d'atteindre.

» Les porte-charbons sont guidés entre deux tubes en cuivre solidement emmanchés dans une entretoise en fonte qui les protège contre tous chocs extérieurs.

» Ils sont centrés par leur poids propre, de sorte que le guidage à glissement est supprimé, et par suite tout entretien et nettoyage minutieux des tiges.

» Le charbon supérieur reste toujours centré, étant guidé dans sa partie inférieure par une plaque en tôle émaillée, spécialement aménagée *ad hoc*.

» Ce guide sert en même temps de fumivore, toutes les poussières provenant de la combustion des charbons, qui, d'ordinaire, se déposent le long du charbon supérieur (occasionnant ainsi des foisonnements d'arc) et remontent jusque dans l'intérieur de la lampe, où elles se localisent en encrassant le mouvement, se précipitent sur la plaque, où elles se fixent et forment un épais dépôt blanc.

» Ce même fumivore sert d'écran contre la chaleur du foyer, l'air surchauffé par l'arc se trouvant arrêté par la plaque au lieu de monter vers la lampe et de l'échauffer outre mesure. Le mouvement de la lampe est monté sur un seul plateau et recouvert par une calotte étanche, ceci afin de supprimer la circulation de l'air dans la lampe et l'appel des poussières en suspension dans l'air, comme cela existe dans toutes les lampes qui sont protégées par des tubes ; en même temps la suspension à l'étrier facilite la visite de la lampe pendant la marche, en cas d'accident.

» Les bornes-prises de courant se trouvent placées au-dessous du plateau, de sorte que la lampe est absolument étanche et ne nécessite aucun chapeau protecteur supplémentaire contre la pluie ou la neige. Le mouvement ne comporte aucun ressort, le réglage des lampes étant fait par l'équilibre entre le poids des pièces mécaniques d'une part et la force magnétique de la bobine différentielle d'autre part.

» La lampe ainsi construite remplit tous les *desiderata* de solidité et d'indéréglibilité ; elle ne nécessite pour sa construction aucune main-d'œuvre de précision et peut être établie à un prix suffisamment bas pour lutter avec toutes les constructions étrangères.

» Elle ressemble, avec une légère variante, aux types les plus répandus sur le continent, de sorte qu'en s'adaptant exactement aux goûts et aux besoins existants, elle peut se créer immédiatement le

droit de cité dans les pays qui, jusqu'à présent, sont restés fermés à l'industrie française.

» Il me reste à parler du rhéostat automatique, appareil de secours qui, seul, permet de mettre trois lampes en tension sur 110 volts.

» Les objections qu'il peut rencontrer n'ont rien qui puisse étonner; elles proviennent chez les uns de l'esprit de routine ou de l'absence de notions suffisantes de la question, chez certains autres de convenances particulières.

» La nécessité de son emploi a été reconnue aussi bien par les théoriciens les plus compétents que par les grands constructeurs, et elle saute aux yeux de quiconque, sans parti pris, veut bien se donner la peine de se pénétrer du sujet.

» L'idée de ce rhéostat automatique m'est venue en constatant des excès d'intensité formidables, tant à l'allumage qu'en cours de fonctionnement, que je parvenais à réduire à la main en agissant sur la manette d'un rhéostat.

» Je me trouvais en présence de ce dilemme : ou munir la lampe d'un recul suffisant pour permettre à l'arc de s'allonger proportionnellement à l'intensité grandissante, ou bien transformer en mouvement automatique, moyennant un appareil supplémentaire, le mouvement que j'exécutais à la main sur mon rhéostat d'essai. Le recul m'obligeait d'adapter un amortisseur extrêmement dur, dont je voulais éviter l'emploi à tout prix pour les motifs que j'ai exposés plus haut, les pompes légères, généralement employées dans les lampes à arc comme amortisseurs, étant insuffisantes pour empêcher les mouvements violents de recul, les extinctions et les pompages.

» L'adjonction d'un appareil supplémentaire constituait une complication et venait grever la valeur de mes lampes. Cependant l'hésitation n'était pas permise : la pompe seule n'était qu'un expédient et comme je désirais faire œuvre durable, j'ai dû chercher la solution définitive.

» Le recul allongé de la lampe tout en m'exposant aux grippements inévitables de la pompe et aux dérangements qui devaient se produire dans le fonctionnement, ne me garantissait pas contre des

excès d'intensité et me mettait dans l'obligation d'enfreindre, en ce qui concerne le moyen de protection de la ligne, les prescriptions élaborées soit par les différentes sociétés particulières, soit par les services publics.

» Par contre le rhéostat automatique me permettait d'employer une lampe construite conformément aux règles établies, me supprimait toute obligation d'ajustage et de précision, me permettait à chaque moment de limiter l'intensité du courant à une valeur déterminée et prévue d'avance. Il me donnait, par conséquent, toute garantie tant au point de vue de la résistance de la lampe à l'usure qu'à celui d'un débit régulier de courant.

» L'économie réalisée dans la consommation par l'application de trois lampes en tension rendait la charge résultant de l'achat de cet appareil tout à fait illusoire.

» Jusqu'à présent, en dehors de notre Compagnie française de lampes à arc, qui se refuserait d'ailleurs d'installer trois lampes en tension sur 110 volts non munies de notre rhéostat automatique, le système a été adopté par l'*Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft*, de Berlin, et par la *Centrale Catalana* d'électricité de Barcelone (Compagnie du gaz Lebon) comme grandes sociétés d'électricité.

» Je ne vois pas la nécessité de citer les noms des experts qui ont été appelés à se prononcer sur l'utilité du système; chacun de vous, Messieurs, pourra se faire une opinion personnelle.

» Ce rhéostat vous a été décrit tout à l'heure par M. Gosselin. Sa construction peut varier à l'infini, de même que la nature des contacts. Actuellement nous avons à l'étude un système de contacts à mercure qui donnera satisfaction aux plus exigeants.

» J'admets que l'on puisse discuter le rhéostat au point de vue de sa construction, que l'on puisse objecter que les contacts établis de la façon actuelle peuvent présenter des inconvénients, bien que notre expérience nous ait démontré le contraire; j'admets que l'on puisse proposer un autre mode d'exécution, mais déclarer que le rhéostat n'est pas utile ou encore qu'il est nuisible, alors qu'il est le seul moyen qui permette de réaliser, pratiquement, un problème réputé irréalisable, est puéril et contraire à la vérité.

» Quant à moi, je ne puis que répéter à nouveau : La lampe par trois

en tension ne sera que par le rhéostat automatique ou elle ne sera pas. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Gosselin et les orateurs qui ont pris part à cette discussion, dont la suite est remise à une prochaine séance.

**UTILISATION DE LA CHALEUR DÉGAGÉE PAR LA COMBUSTION DES ORDURES MÉNAGÈRES
POUR LA PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ ⁽¹⁾.**

I.

M. LAURIOL. — « Parmi les procédés employés par les villes pour se débarrasser des ordures ménagères, autrement dit des gadoues, se trouve le procédé de combustion. Pour ne parler que de l'Europe, ce procédé est employé en grand dans la plupart des villes anglaises de quelque importance et commence à se répandre sur le Continent. Afin d'atténuer la dépense, souvent assez élevée, à laquelle donne lieu ce procédé, on a songé à utiliser la chaleur dégagée par la combustion des gadoues et à l'employer à la production de force motrice. En particulier, on a songé à assurer par ce moyen la distribution de l'énergie électrique, cette distribution et la combustion des gadoues étant des services exploités tous deux pour les communes et le plus souvent par les communes elles-mêmes. Comme exemple nous citerons, en Angleterre, la paroisse de Shoreditch, à Londres, et les villes de Llandudno et de Darwen.

» Au point de vue d'une utilisation semblable qui pourrait être tentée en France nous poserons la question dans les termes suivants :

» Une usine de combustion est établie dans le but exclusif de brûler les gadoues. On produit la force motrice nécessaire à la marche de l'usine, et rien de plus; une partie de la chaleur dégagée pour la combustion se trouve ainsi perdue. Dans quelles conditions, au moyen de quelles installations complémentaires et à quel prix pourra-t-on utiliser cette chaleur perdue, plus spécialement dans le cas des distributions électriques?

» Quels sont les besoins à satisfaire? Si nous prenons la dernière statistique de Paris, nous trouvons que la puissance installée est d'environ $\frac{1}{100}$ de kilowatt par habitant, et que le nombre de kilo-

(1) Voir, à la suite de la présente Note, cinq Tableaux qui résument les données numériques.

watts-heures vendus est d'environ 5 par an et par habitant. En admettant une majoration de 20 pour 100 pour les pertes diverses, on trouverait que l'énergie produite dans les usines serait de 6 kilowatts-heures par an et par habitant, ce qui donne un horaire moyen de 600 heures par an.

» Quelles sont maintenant les ressources que nous offre la combustion des gadoues? La production à Paris varie assez peu d'un jour à l'autre et s'élève à un total d'environ 0^t,250 par an et par habitant.

» La quantité de chaleur dégagée dans la combustion d'une tonne de gadoues peut varier beaucoup avec la nature des gadoues et le type de four. D'après les expériences faites à des époques très rapprochées dans les villes diverses et avec des fours à peu près semblables, les gadoues anglaises dégageaient des quantités de chaleur très appréciables et facilement utilisables pour la production de vapeur; les gadoues de Paris et celles de Hambourg arrivaient à brûler sans addition de combustible, mais ne permettaient pas la production de vapeur en quantité appréciable; les gadoues de Berlin n'arrivaient même pas à brûler sans addition de combustible. La différence tient, d'une part, à ce que la gadoue anglaise est riche en débris de charbon, cette matière étant assez bon marché et les habitants ne triant pas leur gadoue avec un soin très méticuleux; au contraire la gadoue de Berlin contient d'énormes quantités de cendres provenant du mauvais combustible employé par la plupart des habitants; ces cendres étouffent le feu.

» En ce qui concerne particulièrement la gadoue de Paris, si les premiers fours ont donné l'autocombustion sans production de vapeur, les fours perfectionnés que nous avons expérimentés en 1899 ont permis d'assurer la production de vapeur.

» D'après les renseignements que nous avons pu obtenir sur les gadoues anglaises, une tonne peut développer environ 60 kilowatts-heures. D'après les expériences malheureusement trop courtes et peu précises faites à l'usine de pavés de bois de Javel, nous estimons à 30 kilowatts-heures l'énergie pouvant être développée par la combustion d'une tonne de gadoues parisiennes, ce chiffre étant donné *sous toutes réserves*. Pour certaines gadoues, particulièrement humides, telles que les gadoues des halles, le chiffre pourrait des-

cendre à 15 kilowatts-heures. Une tonne de gadoues absorbe environ 10 kilowatts-heures pour l'exploitation même de l'usine, manutentions, éclairage et ventilateurs; il resterait donc disponibles, suivant les cas : 50 kilowatts-heures par tonne avec la gadoue anglaise, 20 kilowatts-heures, selon toutes probabilités, avec la gadoue parisienne; 5 kilowatts-heures dans le cas le plus défavorable.

» A raison de 0^t, 250 par an et par habitant, nous aurions une énergie disponible de 12 kilowatts-heures, 5 kilowatts-heures, ou 1 kilowatt-heure par an et par habitant; en tablant sur le chiffre le plus probable, 5 kilowatts-heures par an et par habitant, nous voyons que l'énergie disponible serait du même ordre de grandeur que l'énergie électrique distribuée actuellement. Mais la consommation d'électricité doit être considérée actuellement comme faible; elle croît *continuellement*, et l'on peut espérer la voir doubler ou tripler.

» D'autre part, les fours sont construits pour brûler pendant 18 heures par jour, soit 6600 heures par an, et rester à feu couvert pendant 6 heures par jour, la pleine marche à 24 heures par jour étant réservée pour le cas d'augmentation imprévue dans le tonnage des gadoues, pour le cas où une partie des fours est en réparation, etc.

» Le chiffre de 5 kilowatts-heures par an et par habitant se répartit donc sur une durée de fonctionnement de 6600 heures, tandis que l'énergie électrique distribuée se répartit sur un horaire d'environ 600 heures seulement. Si, au lieu de l'énergie distribuée, nous considérons la puissance installée, nous avons vu que la puissance électrique correspond à $\frac{1}{160}$ de kilowatt ou 10 watts par habitant, tandis que la puissance d'une usine à gadoues marchant normalement serait, suivant le pouvoir calorifique de la gadoue, de $\frac{0,250 \times 50}{6600}$, $\frac{0,250 \times 20}{6600}$, $\frac{0,250 \times 5}{6600}$, exprimée en kilowatts, soit, en multipliant par 1000 pour exprimer en watts, de 1^{er}, 90, ou 0^{er}, 76, ou 0^{er}, 19 par habitant, le second chiffre étant le plus probable pour Paris.

» Si donc on considère l'énergie disponible, on la trouve approximativement égale à celle qui est distribuée actuellement dans Paris, égale à $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de ce qui sera vraisemblablement distribué

dans quelques années. Si l'on considère la puissance disponible dans une usine à marche normale, on trouve environ $\frac{1}{13}$ de la puissance des distributions actuelles, et $\frac{1}{13}$ ou $\frac{1}{40}$ de la puissance qui serait nécessaire dans quelques années.

» Le kilowatt-heure peut être évalué à environ 5° pour fourniture de charbon et main-d'œuvre de la chauffe. Si l'utilisation de la chaleur produite par la combustion des gadoues permet d'économiser cette dépense de 5° par kilowatt-heure, c'est au prix de diverses autres dépenses que nous allons examiner dans quatre cas principaux.

II.

PREMIER CAS. — *Marche suivant l'horaire normal d'une usine de gadoues.*

» Supposons tout d'abord que l'on puisse utiliser la chaleur telle que la produit normalement l'usine de combustion, c'est-à-dire avec un horaire de 18^h par jour ou 6600^h par an. La chose pourrait se faire, soit que la distribution d'électricité se combine avec d'autres installations permettant d'utiliser le complément d'énergie disponible, soit que l'énergie provenant de la combustion de gadoues forme un simple appoint de puissance à peu près constante, le surplus étant fourni au moment convenable par les chaudières chauffées au charbon. Partant de l'usine telle que nous l'avons examinée plus haut, il reste à construire des chaudières. Ces chaudières seraient à construire en tout état de cause, mais ici, vu la température basse des gaz de combustion, comparée à celle des gaz dégagés de la combustion du charbon, les chaudières, pour une puissance donnée, devront avoir une surface de chauffe environ double de celle qu'auraient des chaudières chauffées au charbon; nous pouvons donc estimer le complément de dépense comme égal au coût d'une chaudière dans les conditions habituelles, soit 250^{fr} par kilowatt-heure; à raison de 10 pour 100, la dépense serait de 25^{fr} par kilowatt et par an, à répartir sur 6600^h de fonctionnement, soit 0°,38 par kilowatt. Telle est en somme la dépense spéciale à faire pour l'utilisation de la chaleur primitivement perdue. Moyennant cette dépense de 0°,38 on économisera une dépense que nous avons évaluée plus haut à 5°; il reste donc un bénéfice de 4°,62 par kilowatt-heure utilisé. Comme nous utilisons la tota-

lité de l'énergie disponible dans la combustion des gadoues, nous avons également un bénéfice de 4^c,62 par kilowatt-heure disponible. Suivant que la tonne de gadoues donnerait 50, ou 20 ou 5 kilowatts-heures, nous aurions, par tonne de gadoues, un bénéfice de 2^{fr},31, ou 0^{fr},92, ou 0^{fr},23, venant en déduction du coût de la destruction.

III.

DEUXIÈME CAS. — *Marche normale de l'usine à gadoues; utilisation de la chaleur dans la mesure du possible.*

» Supposons maintenant qu'on installe des chaudières comme dans le cas précédent, mais que l'on utilise l'énergie seulement suivant les besoins du secteur. Nous ferons diverses hypothèses sur l'horaire de ce dernier. Certaines installations, telles que les tramways électriques, par exemple, peuvent marcher avec un horaire de 18^h par jour, semblable à l'horaire de l'usine de gadoues; nous rentrons alors complètement dans le cas précédent. Si la force motrice se développait beaucoup dans les distributions chez les particuliers, on pourrait espérer avoir un horaire de 9^h, c'est-à-dire deux fois plus court que l'horaire de l'usine à gadoues. L'horaire actuel des secteurs est environ onze fois plus court que l'horaire de cette usine. Nous supposerons un horaire deux fois, cinq fois ou douze fois plus court que celui de l'usine; la réalité à Paris devant être vraisemblablement entre ces deux derniers chiffres.

» La dépense des chaudières par kilowatt de puissance sera la même que dans le cas précédent. Mais ces chaudières travaillant moins longtemps, la dépense totale d'intérêt et d'entretien par kilowatt de puissance s'abaissera; au contraire, la dépense par kilowatt-heure utilisé s'élèvera; elle ne croîtra pas inversement proportionnellement à l'horaire, mais dans une proportion un peu moindre. Nous admettrons que lorsque l'horaire se trouve, par rapport à celui de l'usine, réduit dans la proportion de 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12, la dépense par kilowatt-heure utilisé sera multipliée par 1,5, par 3, ou par 6. Cette dépense étant primitivement de 0^c,38, deviendra 0^c,57, ou 1^c,14, ou 2^c,28 par kilowatt-heure utilisé, moyennant quoi on réalisera l'économie de 5^c envisagée plus haut. Il reste donc suivant l'horaire un bénéfice de 4^c,43, ou 3^c,86, ou 2^c,72 par kilowatt-

heure utilisé. Suivant que l'horaire du secteur est réduit de 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12, par rapport à celui de l'usine, nous n'utilisons que $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{12}$ de l'énergie disponible; le bénéfice par kilowatt-heure disponible se trouve réduit à 2^c, 21, ou 0^c, 78, ou 0^c, 23. Suivant que la gadoue produit 50, 20 ou 5 kilowatts par tonne et en faisant les diverses combinaisons possibles (1), on arrive à un bénéfice qui peut varier de 1^{fr}, 10 à 0^{fr}, 01 par tonne de gadoues.

» Dans le cas probable d'un horaire réduit dans le rapport de 1 à 12 et d'une production de 20 kilowatts-heures par tonne de gadoues, le bénéfice serait de 5^c par tonne de gadoues.

IV.

TROISIÈME CAS. — Marche de l'usine à gadoues suivant l'horaire de la distribution électrique, moyennant augmentation de la puissance des fours.

» Supposons maintenant que l'on augmente la puissance des fours de façon à pouvoir brûler la totalité de la gadoue en suivant l'horaire du secteur au lieu de suivre l'horaire primitivement indiqué de 18 heures par jour. Pour une usine dans les conditions normales on peut évaluer la dépense par tonne de gadoue à 0^{fr}, 35 comme intérêt simple des constructions à 3 pour 100, et 1^{fr} comme entretien, soit au total 1^{fr}, 35. Si, pour un même tonnage, on augmente la puissance des fours en diminuant la durée quotidienne du fonctionnement, la dépense par tonne augmentera, mais moins vite que la puissance des fours; sur le total de 1^{fr}, 35 nous pouvons estimer qu'il y aura 0^{fr}, 85 de dépense constante par tonne de gadouc, indépendante de la puissance des fours, et 0^{fr}, 50 de dépense qui croîtront proportionnellement à la puissance, c'est-à-dire inversement proportionnellement à l'horaire. Si ce dernier est réduit dans le rapport de 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12 la puissance des fours sera multipliée par 2, 5, 12. Le complément de dépense nécessaire pour l'utilisation de la chaleur en vue d'une distribution électrique sera égal à 0^{fr}, 50 par tonne multiplié par 2 — 1 = 1, ou par 5 — 1 = 4, ou par 12 — 1 = 11; soit, suivant les horaires, 0^{fr}, 50, ou 2^{fr}, 00, ou

(1) Voir les Tableaux à la suite de la présente Note.

5^{fr},50 par tonne de gadoue. Selon que la gadoue produira 50 kilowatts-heures, 20 kilowatts-heures ou 5 kilowatts-heures, le supplément de dépenses par kilowatt-heure utilisé pourra varier de 0^{fr},01 à 1^{fr},10 (1).

» Pour les chaudières nous aurions une cause analogue d'augmentation; la dépense par kilowatt diminuera puisque les chaudières fonctionneront moins longtemps et la dépense par kilowatt-heure augmentera dans une proportion un peu moindre que celle des puissances installées. Nous aurions comme dans le cas précédent et suivant que l'horaire sera réduit dans le rapport de 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12, une dépense complémentaire de 0^c,57, 1^c,14, 2^c,28 par kilowatt-heure utilisé.

» En totalisant les deux chiffres de dépenses relatifs aux fours et aux chaudières et en nous bornant au cas où le total reste inférieur à 5^c, valeur de la dépense évitée, nous trouvons qu'avec un horaire réduit dans le rapport de 1 à 2 et avec une production de 50 ou 20 kilowatts-heures par tonne de gadoue la dépense serait de 1^c,57 ou 3^c,07 par kilowatt-heure utilisé; on évite ainsi une dépense de 5^c, ce qui donne un bénéfice de 3^c,43 ou 1^c,93 par kilowatt-heure utilisé. La totalité de l'énergie étant utilisée, les chiffres sont les mêmes si l'on considère le bénéfice par kilowatt-heure disponible.

» On aurait ainsi un bénéfice par tonne de gadoue de $3^c,43 \times 50$ ou de $1^c,93 \times 20$, soit 1^{fr},71 ou 0^{fr},39. Dans toutes les autres hypothèses, c'est-à-dire avec la production de 5 kilowatts-heures par tonne ou bien avec un horaire réduit dans le rapport de 1 à 5 ou 1 à 12 le bénéfice deviendrait négatif.

V.

QUATRIÈME CAS. — *Marche avec accumulateurs.*

» Supposons enfin que, pour utiliser l'énergie électrique produite par l'usine marchant normalement 18 heures par jour, on l'emmagine dans des accumulateurs. Nous nous bornerons ici à examiner le cas où les accumulateurs peuvent débiter directement dans le réseau et nous excluons le cas du courant alternatif pour

(1) Voir les Tableaux à la suite de la présente Note.

lequel des transformations spéciales seraient nécessaires si l'énergie devait être emmagasinée dans les accumulateurs.

» Un accumulateur rend en pratique 60 pour 100; il ne serait vraisemblablement pas nécessaire de faire passer la totalité de l'énergie par les accumulateurs; s'il en passe seulement la moitié le rendement moyen devient environ 80 pour 100.

» La dépense d'installation d'un accumulateur est d'environ 100^{fr} par kilowatt-heure, soit 10^{fr} par an et par kilowatt-heure emmagasiné. Si l'on a une charge et une décharge par jour, la dépense de 10^{fr} correspond à 365 kilowatts-heures, soit 0^{fr},03 ou environ 3^c par kilowatt-heure. Ceci s'applique à la décharge lente, par exemple en 9 heures, c'est-à-dire au cas d'un horaire réduit de 1 à 2; si la décharge est plus rapide le prix par kilowatt-heure déchargé augmentera; dans le cas d'un horaire qui, au lieu d'être réduit de 1 à 2, serait réduit de 1 à 5 ou de 1 à 12, les dépenses seraient d'environ 4^c,5 ou 6^c par kilowatt-heure déchargé.

» Si l'on admet que la moitié de l'énergie passe par les accumulateurs, la dépense par kilowatt-heure débité dans le réseau serait moitié moindre, soit 1^c,5 ou 2^c,2 ou 3^c par kilowatt-heure débité.

» La dépense provenant des machines à vapeur et dynamos serait variable suivant l'horaire, et suivant qu'on emploierait ou non des accumulateurs. En estimant le coût de construction à 300^{fr} par kilowatt, soit, à 10 pour 100, une dépense de 30^{fr} par kilowatt et par an pour une marche continue de 18 heures par jour, le kilowatt produit reviendrait de ce chef à 0^c,45. Si l'on emploie des accumulateurs avec un rendement moyen de 0,8, comme nous l'avons indiqué plus haut, la dépense serait de $0^c,45 \times \frac{1}{0,8} = 0^c,56$ par kilowatt-heure débité. Si le secteur n'avait pas employé d'accumulateurs, il aurait dû augmenter la puissance de ses machines pour assurer le débit dans un temps moindre. On peut considérer que la dépense par kilowatt-heure produit croît lorsque la puissance des machines augmente et que l'horaire diminue, la quantité d'énergie débitée restant constante; cette dépense ne croît pas aussi vite que la puissance installée, mais dans une proportion moindre; nous pouvons admettre, comme pour les chaudières, que lorsque l'horaire est réduit dans le rapport de 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12, c'est-à-dire lorsque

la puissance est multipliée par 2, 5, 12, la dépense par kilowatt-heure débité se trouve multipliée par 1,5 ou 3 ou 6. On aurait donc eu, du fait des machines et suivant l'horaire, une dépense de 0^c,68 ou 1^c,35 ou 2^c,70 par kilowatt-heure débité.

» Nous avons vu que la dépense des chaudières avec un horaire de 18 heures par jour pouvait être estimée à 0^c,38 par kilowatt-heure produit, et que si l'horaire est réduit dans le rapport de 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12 ces chiffres doivent être multipliés par 1,5 ou 3 ou 6. Dans le cas où l'énergie serait produite en utilisant la chaleur de combustion, les chaudières devraient avoir simplement la puissance normale. La dépense pour chaudières serait de 0^c,38 qui serait à multiplier par $\frac{1}{0,8}$ à cause de la perte dans les accumulateurs, puis par 2 puisque les chaudières dans une usine à ordures ménagères coûtent à puissance égale le double d'une chaudière chauffée au charbon. Nous aurions donc comme dépense, du fait des chaudières, suivant qu'on fonctionnerait avec des accumulateurs et utilisation des ordures ménagères, ou qu'on fonctionnerait sans accumulateurs, avec des chaudières ordinaires, et avec des horaires réduits dans les rapports 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12, une dépense de 0^c,95, ou 0^c,57, ou 1^c,14, ou 2^c,28 par kilowatt-heure débité.

» Si nous additionnons tous ces chiffres, nous trouvons que l'emploi des accumulateurs, suivant que l'horaire est réduit dans le rapport 1 à 2, 1 à 5, 1 à 12, donne un supplément de dépenses de 1^c,76, ou 1^c,22, ou un gain de 0^c,47 (1) par kilowatt-heure débité, moyennant quoi on évite une dépense de 5^c. Le bénéfice est donc de 3^c,24 ou de 3^c,78 ou de 5^c,47. Mais il est clair que, dans la dernière hypothèse, l'industriel, même en s'alimentant exclusivement au charbon, aurait eu intérêt à marcher sur accumulateurs et qu'on ne peut attribuer à l'utilisation de la chaleur des gadoues un bénéfice supérieur au chiffre de 4^c,62, indiqué dans le premier cas. Nous sommes donc amené à attribuer à l'utilisation des gadoues, suivant l'horaire du secteur, un bénéfice de 3^c,24, ou 3^c,78, ou 4^c,62.

» Avec les horaires réduits à $\frac{1}{2}$ ou à $\frac{1}{3}$, à cause du rendement des accumulateurs, accumulateurs dont l'usage est imposé par l'utilisa-

(1) Voir les Tableaux à la suite de la présente Note.

tion même de la chaleur des ordures, on n'utilise que 80 pour 100 de l'énergie disponible dans la gadoue, le bénéfice par kilowatt-heure serait de $3^{\text{c}}, 24 \times 0,8$, ou $3^{\text{c}}, 78 \times 0,8$, soit $2^{\text{c}}, 60$ ou 3^{c} . Avec l'horaire réduit à $\frac{1}{12}$, l'emploi des accumulateurs n'est plus motivé par l'utilisation des ordures ménagères, il était indiqué dans tous les cas. Par conséquent, la perte de 20 pour 100 n'est plus imputable à l'emploi des ordures ménagères et l'on peut considérer que l'on utilise toute l'énergie disponible dans la gadoue; le bénéfice par kilowatt-heure disponible est donc égal au bénéfice par kilowatt-heure utilisé, soit $4^{\text{c}}, 62$.

» Pour avoir le bénéfice par tonne de gadoue, il faudrait multiplier respectivement ces trois chiffres par le nombre de kilowatts-heures disponibles dans chaque tonne de gadoue, 50, 20 ou 5 suivant l'hypothèse envisagée; on obtiendrait ainsi neuf valeurs différentes comprises entre $2^{\text{fr}}, 31$ et $0^{\text{fr}}, 15$ par tonne de gadoue (1).

VI.

Si nous envisageons l'hypothèse la plus probable, soit 20 kilowatts-heures disponibles par tonne de gadoue, nous trouvons que dans le premier cas, utilisation de la chaleur produite en suivant l'horaire même de l'usine, on réaliserait un bénéfice de $0^{\text{fr}}, 92$ par tonne. Dans le second cas, en utilisant ce qu'il est possible d'utiliser, on réalise un bénéfice de $0^{\text{fr}}, 44$ à $0^{\text{fr}}, 05$ par tonne de gadoue, suivant l'horaire de la distribution électrique; le chiffre probable serait d'environ $0^{\text{fr}}, 10$. Dans le troisième cas, augmentation de la puissance des fours, il n'y aurait bénéfice que dans certaines hypothèses très limitées et peu probables; cette combinaison est donc à abandonner. Enfin, dans le quatrième cas, on aurait un bénéfice de $0^{\text{fr}}, 60$ à $0^{\text{fr}}, 92$ par tonne de gadoue.

» De ces chiffres il résulte que l'utilisation de la chaleur perdue des gadoues, pour la distribution électrique, peut donner des bénéfices très appréciables. Les distributions électriques, par leur horaire même, au moins tel qu'il existe en Europe, ne constituent pas le débouché le plus avantageux; il serait préférable d'employer

(1) Voir les Tableaux à la suite de la présente Note.

la chaleur dégagée tout autre usage qui pourrait varier suivant les circonstances locales, mais qui permettraient l'utilisation continue avec un horaire d'environ 18 heures par jour. A défaut d'une combinaison de ce genre, l'emploi de cette chaleur à la production d'électricité serait très justifié.

De toute façon, il faudra, avec un tonnage donné de gadoues *devant être brûlées au jour le jour*, satisfaire à des besoins qui varieront indépendamment de ce tonnage. Il faudra donc, ou laisser perdre une partie de la chaleur dégagée, ou former l'appoint avec du charbon.

VII.

» Nous ne pouvons avoir la prétention de faire ici une étude complète et pratique de la question, avec les mille variantes qui se présenteront dans la pratique, relativement au prix des chaudières, des machines, des accumulateurs, à la dépense pour charbon et main-d'œuvre de chauffe, au régime de la distribution électrique, etc. Nous avons simplement choisi un nombre restreint de cas bien définis et indiqué par ces exemples comment une semblable étude pourrait être faite dans les autres cas. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Lauriol de sa très intéressante Communication.

La séance est levée à 10^h 15^m du soir.

PREMIER CAS.

Dépense de construction des chaudières.....	250 ^{fr} par kilowatt.	
A raison de 10 pour 100, dépense.....	25 ^{fr} par kilowatt et par an.	
Avec un horaire de 6600 ^h par an, dépense.....	$\frac{25^{fr}}{6600} = 0^{fr}, 0038 = 0^c, 38$ par kilowatt-heure.	
Bénéfice.....	4 ^c , 62 par kilowatt-heure utilisé.	
	4 ^c , 62 par kilowatt-heure disponible.	
Suivant que le nombre de kilowatts-heures disponible par tonne de gadoue est de.....	50	20
le bénéfice par tonne est de.....	$4^c, 62 \times 50$	$4^c, 62 \times 20$
ou de.....	2 ^{fr} , 31	0 ^{fr} , 92
		4 ^c , 62 $\times$ 5
		0 ^{fr} , 23

DEUXIÈME CAS.

Suivant que l'horaire est.....	^{2}	^{5}	^{12}	fois plus court que l'horaire normal,
la dépense pour chaudières est de.....	$0^s, 38 \times 1,5$	$0^s, 38 \times 3$	$0^s, 38 \times 6$	} par kilowatt-heure utilisé.
soit de.....	$0^s, 57$	$1^s, 14$	$2^s, 28$	
Le bénéfice est de.....	$5^s - 0^s, 57$	$5^s - 1^s, 14$	$5^s - 2^s, 28$	} par kilowatt-heure.
soit de.....	$4^s, 43$	$3^s, 86$	$2^s, 72$	
On n'utilise que.....	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{12}$	des kilowatts-heures disponibles.
Le bénéfice est donc de.....	$\frac{4^s, 43}{2}$	$\frac{3^s, 86}{5}$	$\frac{2^s, 72}{12}$	} par kilowatt-heure disponible.
ou de.....	$2^s, 21$	$0^s, 76$	$0^s, 23$	
Le bénéfice par tonne de gadoue s'obtient en } 50	$1^r, 10$	$0^r, 39$	$0^r, 12$	} par tonne de gadoue.
multipliant les chiffres de la ligne qui précède } 20	$0^r, 44$	$0^r, 16$	$0^r, 05$	
par le nombre de kilowatts-heures disponible } 5	$0^r, 11$	$0^r, 04$	$0^r, 01$	
dans chaque tonne de gadoue : 50, 20 ou 5.				

Dépense du fait des fours, avec horaire normal.....						1 ^{re} , 35,
soit... 0 ^{re} , 85 indépendant de la puissance des fours,						
0 ^{re} , 50 qui croissent proportionnellement à la puissance, c'est-à-dire inversement, proportionnellement à l'horaire.						
<u>1^{re}, 35</u>						
Suivant que l'horaire est.....	2					fois plus court que l'horaire normal,
la puissance est.....	2					fois plus grande;
au lieu de 0 ^{re} , 50, ou a.....	0 ^{re} , 50 × 2		5	12		
soit une augmentation de.....	0 ^{re} , 50 × 1		0 ^{re} , 50 × 5	0 ^{re} , 50 × 12		
ou de.....	0 ^{re} , 50		0 ^{re} , 50 × 4	0 ^{re} , 50 × 11		
			2 ^{re}	5 ^{re} , 50		par tonne de gadoue.
La dépense par kilowatt-heure est obtenue						
en divisant les chiffres de la ligne qui précède	50	1 ^{re}	4 ^e	10 ^e		
par le nombre de kilowatts-heures disponible	20	2 ^e , 5	10 ^e	40 ^e		
dans chaque tonne : 50, 20 ou 5.....	5	10 ^e	40 ^e	1 ^{re} , 10		
Il faut ajouter la dépense des chaudières, comme } dans le cas précédent.....	0 ^e , 57		1 ^e , 14	2 ^e , 28		
ce qui donne une dépense totale de.....	50	1 ^e , 57	"	"		par kilowatt-heure utilisé, les
	20	3 ^e , 07	"	"		chiffres n'étant indiqués que dans
	5	"	"	"		le cas où ils sont inférieurs à 5 ^e ,
						c'est-à-dire dans le cas où l'opé-
						ration donne un bénéfice.
Pour avoir le bénéfice, il faut retrancher les } derniers chiffres du chiffre de 5 ^e , ce qui } donne.....	50	3 ^e , 43	"	"		par kilowatt-heure utilisé ou kilo-
	20	1 ^e , 93	"	"		watt-heure disponible (tous les
	5	"	"	"		kilowatts-heures disponibles étant
						utilisés).
Les bénéfices par tonne de gadoue seraient de... }	50	3 ^e , 43 × 50	"	"		"
	20	1 ^e , 93 × 20	"	"		"
	5	"	"	"		"
Soit.....	50	1 ^{re} , 71	"	"		"
	20	0 ^{re} , 39	"	"		"
	5	"	"	"		"
						par tonne de gadoue.

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 5 \\ 12 \end{array} \right\} \text{ fois plus court que l'horaire normal (18^h par jour),$$

La dépense pour chaudières chauffées au charbon, avec horaire normal de 18^h par jour, serait de 0^e, 38.

La dépense pour chaudières chauffées à la gadoue est double à égalité de puissance et de régime, soit $0^{\circ},38 \times 2 = 0^{\circ},76$ par kilowatt-heure produit en marchant avec accumulateurs au régime normal de 18° . La dépense par kilowatt-heure débité sera de $\frac{0^{\circ},76}{0,8}$ pour tenir compte du

rendement moyen des accumulateurs $\frac{0^e,76}{0,8} = \dots\dots\dots$

L'utilisation de la gadoue entraînera donc un supplément de dépense de.

QUATRIÈME CAS (suite).

Les machines à vapeur et dynamos coûtent	300 ^{fr} par kilowatt.				
A 10 pour 100, dépense annuelle	30 ^{fr} ,				
soit avec un horaire de 18 ^h par jour ou 6600 ^h par an $\frac{30^{\text{fr}}}{6600} = 0^{\text{fr}},0045\dots$	0 ^{fr} ,45 par kilowatt-heure.				
Avec un horaire.....	2	5	12		fois plus court,
on peut admettre, comme pour les chaudières, que la dépense se trouve multipliée par.....	1,5	3	6		
ce qui donne.....	0,68	1,35	2,70		par kilowatt-heure débité.
En marchant à horaire normal sur accumulateurs, on aura une dépense de 0 ^{fr} ,45, majorée en raison du rendement moyen, soit $\frac{0^{\text{fr}},45}{0,8} \dots\dots\dots$	0,56	0,56	0,56		
L'emploi des accumulateurs donne donc un supplément de dépense de..	-0,12	-0,79	-2,14		

En résumé, la substitution d'un régime à l'autre donne les augmentations de dépenses suivantes :

Accumulateurs.....	+1,5	+2,2	+3	
Chaudières.....	+0,38	-0,19	-1,33	
Machines.....	-0,12	-0,79	-2,14	
Total.....	+1,76	+1,22	-0,47	
Moyennant quoi on évite une dépense de 5 ^{fr} , ce qui donne une économie de.....	3,24	3,78	5,47	
(1) réduite en pratique à.....	3,24	3,78	4,62	par kilowatt-heure utilisé.
(2) Dans les deux premiers cas, on débite dans le réseau 0,8 des kilowatts-heures disponibles, et, dans le troisième cas, la totalité; on a donc.....	3,24 > 0,8	3,78 > 0,8	4,62 > 1	
soit.....	2,60	3,00	4,62	par kilowatt-heure disponible.
Pour avoir le bénéfice par tonne, il faut multiplier les chiffres de la dernière ligne par le nombre de kilowatts-heures disponible dans chaque tonne, soit 50, 20 ou 5.....	fr 1,30	fr 1,50	fr 2,31	
	0,52	0,60	0,92	par tonne de gadoue.
	0,13	0,15	0,23	

(1) Voir explications dans la Note qui précède.
(2) Id.

RÉSUMÉ.

	Nombre de kilowatts- heures disponibles par tonne de gadoues.	Horaire			
		normal (18 ^h par jour).	2 fois plus court que l'horaire normal.	5 fois plus court que l'horaire normal.	12 fois plus court que l'horaire normal.
1 ^{er} CAS.	50	4,62	"	"	"
		4,62	"	"	"
		2,31	"	"	"
	20	4,62	"	"	"
		4,62	"	"	"
		0,92	"	"	"
	5	4,62	"	"	"
		4,62	"	"	"
		0,23	"	"	"
2 ^e CAS.	50	"	4,43	3,86	2,72
		"	2,21	0,76	0,23
		"	1,10	0,39	0,12
	20	"	4,43	3,86	2,72
		"	2,21	0,76	0,23
		"	0,44	0,16	0,05
	5	"	4,43	3,86	2,72
		"	2,21	0,76	0,23
		"	0,11	0,04	0,01
3 ^e CAS.	50	"	3,43	—	—
		"	3,43	—	—
		"	1,71	—	—
	20	"	1,93	—	—
		"	1,93	—	—
		"	0,39	—	—
	5	"	—	—	—
		"	—	—	—
		"	—	—	—
4 ^e CAS.	50	"	3,24	3,78	4,62
		"	2,60	3,00	4,62
		"	1,30	1,50	2,31
	20	"	3,24	3,78	4,62
		"	2,60	3,00	4,62
		"	0,52	0,60	0,92
	5	"	3,24	3,78	4,62
		"	2,60	3,00	4,62
		"	0,13	0,20	0,23

Observations.

Dans chaque groupe de trois nombres :

Le premier exprime le bénéfice en *centimes* par kilowatt-heure utilisé;

Le second exprime le bénéfice en *centimes* par kilowatt-heure disponible;

Le troisième exprime le bénéfice en *francs* par tonne de gadoue.

Le signe — correspond au cas où il y a perte au lieu de bénéfice.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

5/10. Expériences sur une commutatrice; *K. Pichelmayer*. — Mesure de la puissance par la méthode des trois voltmètres; *F. Niethammer*.

12/10. Calcul des dynamos à courant continu au point de vue des étincelles; *H. Isler*. — Nouvel interrupteur universel au mercure; *M. Levy*.

19/10. Premiers secours à donner en cas d'accidents. — Mise en parallèle de machines mues par moteurs à gaz; *G. Dettmar*. — Contribution au calcul des batteries tampon; *G. Brandt*. — Calcul... (*fin*); *H. Isler*.

26/10. Tramways de Batavia; *H. Lippegans*. — Analyse d'étincelles; *J.-H. West*. — Moyens d'obtenir de grandes différences de phase et leur emploi dans les instruments de mesure; *J. Görner*.

2/11. Compteurs de glissement; *R. Seemann*. — Distribution des lignes de force dans les armatures dentées; *F. Niethammer*. — Nouveau type de transformateurs de la Compagnie Hélios; *C. Feldmann*.

9/11. Répartition des courants dans les réseaux à courants alternatifs; *C. Feldmann* et *J. Herzog*. — Accumulateur Majert; *A. Wilke*. — Influence de la self-induction sur la marche de l'interrupteur Wehnelt; *E. Ruhmer*.

16/11. Projet pour l'exploitation électrique du métropolitain de Berlin. — Inscription des phénomènes périodiques; *R. Franke*. — Détermination du nombre des points d'alimentation d'un réseau; *A. Sengel*.

23/11. Voitures électriques à l'Exposition internationale; *F. Wilking*. — Détermination... (*fin*); *A. Sengel*.

30/11. Chute de tension des alternateurs; *B. Behrend*. — Sur les courbes déformées (non sinusoïdales); *R. Goldschmidt*. — Mesure de la self-induction d'échantillons de câbles sous-marins; *F. Breisig*.

AMÉRIQUE.

Electrical World and Electrical Engineer.

4/11. Éclairage en série par transformateurs à courant constant. — Statistique des lampes à arc enflammé; *L. Marks*.

11/11. Installation des California Powder Works; *W. Allen*. — Éclairs multiples; *E. Thomson*. — Mise à la terre des circuits de basse tension; *W. Emmelt*. — Mesureur de fréquence; *R. Fessenden*.

18/11. Drainage électrique de la Nouvelle-Orléans; *L. Reed*. — Perte de charge dans les conducteurs à réseaux alternatifs; *C. Poole*. — Intensité lumineuse sphérique moyenne; *W. Stine*.

23/11. Installations électriques du « Kearsago » et du « Kentucky ». — Nouvelle station de la Compagnie de Kings-County; *G. Hantchet*.

ANGLETERRE.

The Electrician.

10/11. Théorie du facteur de puissance (*fin*); *A. Russell*. — Production et distribution électrique de la force motrice; *J. Raworth*. — Traitement des minerais sulfurés complexes; *S. Cowper-Coles*.

17/11. Inductance d'une portion de circuit; *H. Allen*. — Photomètre portatif pour lampes à incandescence; *A. Rowland*. — Traitement... (*suite*); *S. Cowper-Coles*. — Rhéostats de démarrage; *O. Mattick*. — La lampe à haut voltage.

24/11. Traitement... (*fin*); *S. Cowper-Coles*. — La lampe à haut voltage (*fin*). — Coût de production de la vapeur; *J. Holliday*.

1/12. Génératrices et appareils polyphasés de la C^{ie} Edison de Chicago; *H. Niesz*. — Notes sur les dépôts électrolytiques de zinc sous pression; *S. Cowper-Coles*. — Inductance... (*fin*); *H. Allen*. — Coût de production (*fin*); *J. Holliday*. — Usage des génératrices à courants alternatifs et continus (dynamo omnibus) dans les stations centrales; *E. Thomas*.

Electrical Review.

10/11. Courant produit dans une bobine inductive par une onde parabolique de force électromotrice; *A. Russell*. — Machine à influence Pidgeon.

17/11. Grues électriques.

24/11. Fourniture de l'énergie pour traction; *L. Dawson*. — Procédé Hargreaves-Bird; *J. Kershaw*. — Uniformisation des balais de charbon; *E. Scott*. — Unités de mesure (*fin*); *W. Moon*. — Note sur les commutatrices; *A. Eborall*. — Grues électriques (*fin*).

1/12. Note sur les commutatrices (*suite*); *A. Eborall*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

12/11. Exposition internationale d'automobiles à Berlin.

19/11. Nouveau système d'éclairage des trains (système Auvert P.-L.-M.); *C. Neudeck*.

26/11. Sur le Skin-effect; *C. Liebenow*.

3/12. Tramways pour petites villes; *C. Neudeck*.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

- Analyses électrolytiques*; par Ad. MINET. Paris, Gauthier-Villars, Masson et C^{ie}, 1899; 1 vol. petit in-8° broché. (*Don des Éditeurs.*)
- Annuaire de la Jeunesse*. — Dixième année, 1899; par M. H. VUIBERT; 1 vol. petit in-8°, relié toile. Paris, Nony et C^{ie}, 1899. (*Don des Éditeurs.*)
- De l'Électricité, du Magnétisme et de leurs applications*. — Publié dans l'Encyclopédie populaire illustrée du vingtième siècle; 1 vol. in-8°, broché. Paris, Société française d'éditions d'art. L.-Henry May, 1899. (*Don de l'Éditeur.*)
- Emploi de l'alcool à l'éclairage électrique*. — Rapport général fait au nom de la Commission spéciale, par M. MAX RINGELMANN; 1 broch. in-8°. Paris, typographie Chamerot et Renouard, 1899; Société nationale d'Agriculture de France. (*Don de l'Auteur.*)
- Étude fluoroscopique des épanchements pleurétiques*, par MM. BERGONIE et CARRIÈRE; 1 broch. in-8°. Paris, O. Doin; Bordeaux, Féret et fils, 1899; extrait des Archives d'électricité médicale. (*Don des Auteurs.*)
- Étude sur les moyens de prévenir les collisions en mer; état actuel de la question*. Août 1899; par MM. LÉON et COSME DE SONZÉE, 1 broch. grand in-8°. Paris, imprimerie Émile Kapp, 1899. (*Don des Auteurs.*)
- Expériences de télégraphie sans fils*, faites à Wimereux et Saint-Margaret (South Foreland) en juin 1899; 3 broch. in-4°, autographiées. (*Don du Ministère de l'Instruction publique.*)
- La distribution de l'énergie électrique en Allemagne*; par MM. Charles BOS et J. LAFFARGUE. Paris, Masson et C^{ie}, 1899; 1 vol. très grand in-8°. (*Don des Auteurs.*)
- La télégraphie sans fils*, par M. ANDRÉ BROCA; 1 vol. petit in-8°, broché. Paris, Gauthier-Villars, 1899. (*Don de l'Éditeur.*)
- Le magnétisme du fer*, par M. CH. MAURAIN; 1 vol. in-8°, cartonné. Paris, G. Carré et Naud, 1899. (*Don des Éditeurs.*)
- Le Volta* (Annuaire des renseignements sur l'Électricité et les industries annexes). Paris, Société fermière des Annuaire, 1899. 1 vol. grand in-8°, relié toile. (*Don des Éditeurs.*)

- Progrès de l'Électricité. Oscillations hertziennes. Rayons cathodiques et rayons X* (II^e Supplément au *Cours de Physique de l'École Polytechnique*, par MM. JAMIN et BOUTY); par M. E. BOUTY. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. in-8°. (*Don de l'Éditeur.*)
- Résistance électrique et fluidité*, par M. GOURÉ DE VILLEMONTÉE; 1 vol. petit in-8°, broché. Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1899. (*Don des Éditeurs.*)
- Télégraphie électrique sans fil*; par M. Émile GUARINI-FORESIO. Liège, H. Poncelet, 1899. 1 broch. in-8°. (*Don de l'Auteur.*)
- Traité de Nomographie; théorie des abaques; applications pratiques*; par M. MAURICE D'OCAGNE; 1 vol. grand in-8°, broché. Paris, Gauthier-Villars, 1899. (*Don de l'Éditeur.*)
- Transmission de l'énergie électrique par un fil et sans fil*; par M. Émile GUARINI-FORESIO. Liège, H. Poncelet, 1899; 1 broch. in-8°. (*Don de l'Auteur.*)
- Leçons sur l'Électricité*, par ÉRIC GÉRARD; t. II, 6^e édition; Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. grand in-8 broché avec 387 figures dans le texte. (*Don de l'Éditeur.*)
- Le phénomène de Zeeman*, par A. COTTON; Paris, G. Carré et C. Naud, 1899; 1 vol. in-8 cartonné. (n^o 5 de la collection *Scientia.*) (*Don des Éditeurs.*)
- De l'utilité publique des transmissions électriques d'énergie. But, procédés, état actuel, valeur économique et avenir*, par M. A. BLONDEL; Paris, V^{ie} Ch. Dunod, 1899; 1 vol. in-8 broché. (Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées*, 1^{er} trimestre 1898. Revu et complété en juin 1899.) (*Don de l'Auteur.*)
- Cours d'Électricité, professé à l'École d'Application du Génie maritime*, par E. AUBUSSON DE CAVARLAY; Paris, Augustin Challamel, 1899; 2 vol. grand in-8 brochés avec nombreuses figures dans le texte. (*Don de l'Éditeur.*)
- Les ondes électriques et la Télégraphie sans fil*, par J. BOULANGER, Chef de bataillon du Génie, et G. FERRIÉ, Capitaine du Génie. Paris-Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}, 1899; 1 vol. in-8 broché. (*Don des Auteurs.*)
- Les rayons X en Pathologie infantile*, par le D^r FOVEAU DE COURMELLES; Paris, aux bureaux des *Annales de Médecine et de Chirurgie infantiles*, 1899; 1 broch. in-8 avec figures. (*Don de l'Auteur.*)



TABLE DES MATIÈRES

DES PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

CLASSIFICATION DES MÉMOIRES ORIGINAUX PUBLIÉS DANS LE *BULLETIN*.

- I. — Lois physiques et phénomènes généraux.
- II. — Unités. Méthodes et appareils de mesure.
- III. — Accumulateurs. Piles. Électrochimie. Électrométallurgie.
- IV. — Matériel électrique pour courants continus.
- V. — Matériel électrique pour courants alternatifs.
- VI. — Canalisation. Appareillage.
- VII. — Stations centrales. Installations diverses. Systèmes de distribution.
- VIII. — Transmission de l'énergie. Traction.
- IX. — Éclairage et chauffage.
- X. — Machines. Applications électro-mécaniques.
- XI. — Télégraphie, Téléphonie. Signaux.
- XII. — Divers. Historique. Jurisprudence.

Abréviations.

EZ.	Elektrotechnische Zeitschrift.
eE.	English Electrician.
eER.	English Electrical Review.
ZE.	Zeitschrift für Elektrotechnik.
aEE.	American Electrical Engineer.
aER.	American Electrical Review.
aEW.	American Electrical World.
IEE.	Journal of the Institution of Electrical Engineers.
EMJ.	Engineering and Mining Journal.
FI.	Journal of the Franklin Institute.
aI.	Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.
UW.	Bulletin of the University of Wisconsin.
SA.	Journal of the Society of Arts.

I. — Lois physiques et phénomènes généraux.

- Analyse d'étincelles; *J.-H. West*, EZ, 26/10.
Commutation des courants alternatifs par soupapes électriques; *L. Kallir*, ZE, 18/12, 25/12.
Conductibilité de l'aluminium; *E. Northrup*, aEW, 3/12.
Conductibilité des flammes contenant des vapeurs de sels; *H. Wilson*, eE, 21/7.
Conductibilité des mélanges de graphite et d'argile; *J. Fleming*, eE, 28/7.
Contribution à la théorie de l'interrupteur Wehnelt; *E. Ruhmer*, EZ, 29/6.
Courant produit dans une bobine inductive par une onde parabolique de force électromotrice; *A. Russell*, eER, 10/11.
Courants alternatifs de haute fréquence; *W. Royal Dawson*, IEE, août.
Courants sinusoïdaux dans un réseau de conducteurs; *T. Lyle*, eE, 11/11.
Courants terrestres dans l'Atlantique; *E. Barker*, eER, 9/6.
Dénomination des quantités afférentes aux courants alternatifs; *C. Feldmann*, EZ, 20/10.
Détermination des intensités dans un système biphasé; *A. Kennelly*, aEW, 19/8.
Détérioration du caoutchouc; *H. Terry*, eE, 26/5.
Éclair multiple; *A. Kennelly*, aEW, 28/10.
Éclairs multiples; *E. Thomson*, aEW, 11/11.
Effet du silicium sur la perméabilité du fer; *F. Cadwell*, aEW, 10/12.
Effet d'un échauffement prolongé sur les propriétés magnétiques du fer; *S. Roget*, eE, 10/2.
Emploi des rayons cathodiques; *E. Seefehlner*, EZ, 9/2.
Explication du phénomène de Gorges et du couplage en tandem; *F. Eichberg*, ZE, 4/12, 11/12.
Hystérésis, *E. Lyle*, eE, 11/8.
Hystérésis à très basses températures; *A. Ford*, aEW, 5/8.
Hystérésis du cobalt; *J. Fleming*, eE, 6/10.
Inductance d'une portion de circuits; *H. Allen*, eE, 17/11, 1/12.
Influence de la self-induction sur la marche de l'interrupteur de Wehnelt; *E. Ruhmer*, EZ, 9/11.
Influence de l'épaisseur de la couche d'air sur la réflexion totale des ondes électriques; *S. Bose*, eE, 20/11.
Influence des retards ou avances des courants sur le réglage de la tension; *F. Raum*, aEW, aEE, 20/5.
Intensités du courant dans les coups de foudre; *A. Wurts*, aEe, 27/10.
Interrupteur Wehnelt; *E. Thomson*, aEW, aEE, 18/3.
Interrupteur de Wehnelt; *A. Swinton*, IEE, avril.
Interrupteur de Wehnelt avec courant alternatif (Emploi de l'); ZE, 5/3.
Interrupteur Wehnelt (Expériences avec l'); *G. Lantchet*, aEW, aEE, 8/4.
Interrupteur de Wehnelt sur courants alternatifs (Mode d'action de l'); *L. Kallir* et *F. Eichberg*, ZE, 16/4.
Interrupteur Wehnelt (Notes sur l'); *R. Cunningham*, aEW, aEE, 29/4.
Interrupteur Wehnelt (Nouvelle forme de l'); *E. Thomson*, aEW, aEE, 6/5.
Interrupteur Wehnelt (Modification de l'); *G. Simon*, EZ, 22/6.

La théorie chimique et celle du contact; *W. Cooper*, *eE*, 13/10.
L'énergie du charbon; *C. Reed*, *aEW*, 12/8, 19/8, 26/8, 2/9.
Luminosité des terres rares sous l'action des rayons cathodiques; *A. Svinton*, *eER*, 2/6; *eE*, 7/7.
Magnétismes; *J. Ewings*, *eE*, 28/4, 5/5.
Magnétisme cosmique et électricité; *A. Cottrell*, *eER*, 25/8.
Magnétisme et rotation moléculaire; *Lord Kelvin*, *eE*, 4/8.
Mesures de la capacité des longs câbles; *J. Ywing*, *eE*, 5/5.
Nature vibratoire de la foudre et autres décharges; *W. Morton*, *aEW*, *aEE*, 15/4.
Notes sur la distribution de l'électricité; *C. Taite*, *eE*, 7/7.
Nouvelles recherches sur le magnétisme et les courants terrestres; *Weinstein*, *EZ*, 24/11.
Observations radiographiques; *W. Fuchs*, *aEW*, *aEE*, 22/4.
Perfectionnement de l'interrupteur Wehnelt; *Satori*, *ZE*, 30/4.
Phénomène magnétique; *A. Ford* et *B. Frankensfeld*, *aEW*, 7/9.
Phénomènes présentés par l'interrupteur Wehnelt; *aEW*, 29/7.
Production, dans les gaz raréfiés, d'anneaux lumineux tournant autour des lignes de force; *C. Philipps*, *eE*, 29/9.
Radiation électrique; *A. Abbott*, *aEW*, *aEE*, 13/5, 20/5, 27/5, 3/6, 10/6.
Radiation électrique; *J. Taylor*, *eER*, 12/5, 19/5.
Recherches mathématiques sur le phénomène de Philipps; *G. Walker*, *eE*, 18/8.
Remarques sur les courants continus dans l'arc alternatif; *F. Eichberg* et *L. Kallir*, *ZE*, 20/11 et 27/11.
Représentation symbolique des ondes alternatives; *Ch. Steinmetz*, *al*, juin.
Sons émis par l'arc; *F. Servis Smith*, *eE*, 27/10.
Sur la loi KR; *W. Moon*, 3/3, 17/3.
Sur le skin-effect; *C. Liebenow*, *ZE*, 26/11.
Sur les courbes déformées (non sinusoïdales); *R. Goldschmidt*, *EZ*, 30/11.
Sur les courants ondulatoires; *C. Heinke*, *EZ*, 20/7, 27/7.
Télégraphie rapide Pollak-Virag; *J. Pinter*, *ZE*, 30/7.
Théorie du facteur de puissance (*fin*); *A. Russell*, *eE*, 10/11.
Théorie électromagnétique; *O. Heaviside*, *eE*, 19/8, 2/12, 13/1.
Théorie moderne du magnétisme; *H. Du Bois*, *EZ*, 24/11.
Transformation du triphasé en diphasé; *G. Watmough*, *aEW*, 22/7.
Travaux de Tesla sur la haute fréquence et la haute tension; *eER*, 5/5.
Un effet secondaire dans l'interrupteur Caldvell; *F. Trouton*, *eE*, 11/8.

II. — Unités, méthodes et appareils de mesure.

Ampère, volt, wattmètre thermique; *M. Fie'd*, *eEt*, 25/11-2/12.
Appareil de laboratoire pour courants continus de haute tension; *L. Strasser*, *EZ*, 13/7.
Appareils de mesure de l'Allgemeine El. G. pour courants alternatifs; *ZE*, 23/4.
Compteur automatique à deux prix; *eE*, 21/7.
Compteur Beyer pour tramways; *E. Honengmann*, *ZE*, 1/10.
Compteur à payement préalable; *eE*, 25/11.
Compteurs de glissements; *R. Seemann*, *EZ*, 2/11.

- Compteur moteur; *R. Riecke*, ZE, 15/1.
Contribution à la mesure des résistances des terres; *R. Nowtny*, ZE, 20/8.
Contrôle de l'isolement; *M. Kallmann*, EZ, 20/10.
Demande d'un étalon de lumière; *S. Dvane*, aI, août-septembre.
Détermination de la forme des ondes sans contact; *H. Ryan*, aI, août-septembre.
Détermination de la fréquence des courants alternatifs; *C. Kinsley*, eE, 16/6.
Détermination d'étalons de résistance; *H. Harth*, aEW, 23/9.
Du galvanomètre dans le pont; *W. Murphy*, eE, 26/8.
Dynamomètre d'absorption et de transmission pour laboratoire; eF, 28/10.
Effets de l'inégalité de voltage sur les wattmètres triphasés; *A. Bowie*, aEW, aEE, 22/4.
Électromètre à quadrants pour mesure des courants alternatifs; *Addonbwoke*, eE, 26/5.
Emploi de l'étalon Methven avec cheminée noircie; *R. Fessenden*, aEE, 25/2.
Enregistreur de courbe de courants alternatifs; *H. Callendard*, eE, 26/8.
Erreurs d'hystérésis dans les appareils de mesures; *W. Stine*, aEE, 18/2.
Essais de câbles à 10000 volts; *A. Hassold*, EZ, 9/3.
Essais des tôles; *W. Rohr*, EZ, 27/10.
Essais de tôles pour dynamos; *J. Ehstein*, EZ, 4/5.
Étalonnage des compteurs et autres appareils de mesure; *J. Sahulka*, EZ, 17/9, 24/9, 8/10, 15/10.
Études sur l'arc alternatif au moyen de l'oscillographe; *W. Dundell* et *E. Marehant*, eE, 14/4, 21/4, 5/5.
Indicateur de fréquence; *C. Yundt*, aEW, 2/9.
Indicateur d'isolement pour les installations à courants alternatifs; *G. Benischke*, EZ, 8/6.
Inscription des phénomènes périodiques; *R. Franke*, EZ, 16/4.
Instruments de mesures; *Elliot*, eE, 30/6.
Instruments de mesure (sans intégration); *W. Ayrtan*, aE, 16/6.
Intensité lumineuse sphérique moyenne; *W. Stine*, aEW, 18/11.
Localisation des défauts; *A. Jordan* et *W. Schuman*, eER, 17/2.
Mesure exacte de la fréquence d'un courant alternatif; *J. Zenneck*, EZ, 17/8.
Mesure de fréquence; *R. Fessender*, aEW, 11/11.
Mesure de la capacité de longs câbles sous-marins; *J. Elton-Young*, IEE, août.
Mesure de la puissance par la méthode des trois voltamètres; *F. Riethammer*, EZ, 5/10.
Mesure de la résistance des accumulateurs; *E. Kimington*, eER, 20/10.
Mesure de la self-induction d'échantillons des câbles sous-marins; *F. Brusig*, EZ, 30/11.
Mesure de l'énergie dans les systèmes polyphasés; *A. Bowie*, aEW, 19/8.
Mesure des hautes tensions avec des appareils pour bas voltage; *S. Barnett*, aEW, 17/6.
Mesures des phases; *E. Place*, aEW, aEE, 13/5.
Mesure de la capacité de longs câbles; *J. Yong*, eE, 5/5.
Mesure de l'isolement des batteries d'accumulateurs; EZ, 18/5.
Mesures directes des courants de pertes; *M. Kallmann*, eE, 23/12.
Mesures d'isolement de réseaux à trois fils; *J. Koller*, EZ, 2/5.

- Méthode de mesure du glissement dans les moteurs d'induction; *M. Hoor*, ZE, 30/4.
Méthode différentielle pour l'essai des transformateurs; *S. Johannesen*, aEW, 29/7.
Méthode de mesure du décalage des moteurs à champ tournant; *C. Briefeld*, EZ, 9/2.
Méthode pour découvrir l'arrivée des défauts à bord pendant les relèvements de câbles; *W. Murphy*, eE, 28/4.
Méthodes de mesures des hauts potentiels avec des appareils à basse tension; *S. Barnett*, eER, 6/1.
Modifications de la méthode du pont pour la mesure des résistances avec courants terrestres; *R. Black*, eE, 13/1.
Moyens d'obtenir de grandes différences de phase et leur emploi dans les instruments de mesure; *J. Gorner*, EZ, 26/10.
Nouveau modèle de photomètre; *Trotter Preece*, eE, 4/11.
Nouveau wattmètre de Siemens et Halske; *A. Raps*, EZ, 14/9.
Nouvelle méthode pour déterminer le rapport de transformation; *J. Ribbins*, aEW, 7/9.
Opportunité de la fixation de l'échelle pour les compteurs; *J. Sohulka*, ZE, 14/6.
Photomètre portatif pour lampes à incandescence; *A. Rowland*, eE, 17/11.
Photométrie de l'arc alternatif; *C. Mathews*, *W. Thompson* et *J. Hibbish*, aEW, 8/10.
Photométrie de l'arc enfermé; *C. Mathews*, *W. Thompson* et *J. Hibbish*, août; septembre, aEW.
Procédé et appareil pour la mesure des tensions aux points d'alimentation des réseaux; *J. Teichmüller*, EZ, 6/4.
Puissance lumineuse des lampes unités, appropriée; *W. Stine*, eER, 8/9.
Rapport des intensités moyennes horizontale et sphérique des lampes à incandescence, *R. Fessenden*, aEE, 25/2.
Recherches spectro-photométriques sur l'arc à courant continu; *E. Lechmann Richter*, ZE, 15/10.
Rendement théorique et pratique; *S. Walker*, eER, 1/9.
Simple méthode d'essai des armatures; *W. Hall*, aEW, aEE, 1/4.
Simple méthode d'essai des dynamos; *C. Liebenow*, EZ, 13/4.
Simple méthode de mesure de la puissance d'un courant alternatif; *S. Barnett*, aEW, 26/8.
Simple méthode pour la mesure de la fréquence; *W. Kanig*, EZ, 15/6.
Simple méthode pour mesurer la fréquence; *H. Carpenter*, eE, 25/8.
Sur un condensateur de grande capacité; *A. Tobler*, EZ, 7/9.
Systèmes de payement au compteur; *E. Debell*, aEe, 26/1.
Unification des méthodes d'essai des tôles; *J. Epstein*, EZ, 17/8.
Unités de mesure; *W. Moon*, eER, 3/11, 24/11.

III. — Accumulateurs. Piles. Electrochimie. Électrometallurgie.

- Accumulateur Mayert; *A. Wille*, EZ, 9/11.
Accumulateurs et stations centrales de tramways; *R. Mac Lloyd*, aI, février.
Accumulateurs et tramways, *R. Lloyd*, aEE, 23/2.
Accumulateurs dans les stations à courants alternatifs; *E. Minshall*, aEW, aEE, 1/4.

- Accumulateurs pour automobiles; *eER*, 23/12.
Batteries de haute tension; *Feussner*, *EZ*, 31/8.
Comparaison de l'efficacité des ions chargés positivement et négativement comme noyaux de condensation; *C. Wilbon*, *eE*, 30/6.
Courants triphasés pour la fabrication du carbure de calcium en Italie; *C. Pio*, *eE*, 25/8.
Décapage électrolytique; *C. Burgess*, *aEW*, 29/10.
Dernier progrès dans l'emploi des accumulateurs; *J. Appleton*, *aEE*, 4/2.
Électrolyse en dehors des électrodes; *F. Trouton*, *eE*, 23/6.
État actuel de l'électrochimie; *J. Klandy*, *ZE*, 22/1.
Expériences sur des piles à acide fluorhydrique; *J. Alexander*, *aEE*, 18/2.
Extraction électrolytique directe des métaux; *C. Hæpfner*, *EZ*, 3/11.
Extraction électrolytique du zinc; *J. Kershaw*, *eER*, 14/7.
Fabrique d'alcali (procédé Castner-Kellner), à Weston-Point; *J. Kershaw*, *eER*, 31/3.
Fabrique de carbure de Saint-Meircello; *C. Pio*, *ZE*, 17/9.
Fonctionnement des accumulateurs à l'Elevated de Chicago; *J. Cravath*, *aEe*, 13/10.
Formes de trieurs magnétiques et leur application à divers minerais; *H. Mc Neill*, *eE*, 25/8, 1/9.
Four électrique; *F. Patton*, *ZE*, 2/4.
Graphite, sa fabrication; *E. Echeson*, *FI*, juin.
Le professeur Lunge sur l'avenir des procédés électrolytiques de fabrication des alcalis; *J. Kershaw*, *eER*, 20/10.
L'industrie électrochimique et électrométallurgique en 1898; *B. Kershaw*, *eER*, 20/1, 13/1.
Notes historiques sur les piles primaires; *W. Cooper*, *eE*, 18/8.
Note sur le dépôt électrolytique du cadmium et de ses alliages; *Sherard Cowper Coles*, *eER*, 21/10; *eE*, 1/12.
Nouveau montage pour accumulateurs; *A. Tribolhorn*, *EZ*, 11/5.
Oxydation du charbon à la température ordinaire par l'oxygène atmosphérique; *W. Case*, *aEW*, 22/7.
Procédé électrolytique « Cowper-Coles » pour le traitement des minerais réfractaires, *eER*, 25/11.
Procédé électrolytique de « gravité » pour la fabrication de la soude caustique; *G. Robertson*, *eE*, 27/11.
Procédé Solvay pour la fabrication de la soude et du chlorure de chaux; *G. Robertson*, *eE*, 9/6.
Procédés Hargreaves Bird; *J. Kershaw*, *eER*, 24/11.
Progrès dans la fabrication du carbure; *J. Kershaw*, *eER*, 22/9.
Réducteurs pour accumulateurs; *H. Muller*, *EZ*, 23/2.
Relations thermiques dans la pile; *W. Cooper*, *eE*, 29/9.
Rendements des piles; *C. Burgess*, *aEe*, 24/12.
Sur le nickel électrolytique; *J. Kershaw*, *eER*, 28/10.
Théorie de Grotthuss appliquée à un seul élément voltaïque; *W. Cooper*, *eE*, 8/9.
Traitement des minerais sulfurés de Broken-Hill; *E. Ashcroft*, *eE*, 19/8.
Traitement des minerais sulfurés complexes; *S. Cowper Coles*, *eE*, 10/11, 17/11, 24/11.
Usine à chlorate de Saint-Michel (Savoie); *J. Kershaw*, *eER*, 25/11.

IV. — Matériel électrique pour courants continus.

- Calcul des dynamos à courant continu au point de vue des étincelles; *H. Isler*, EZ, 12/10, 19/10.
- Calcul des moteurs pour démarrage rapide; *C. Wilson*, EZ, 3/11.
- Causes des étincelles au collecteur des dynamos; *E. Dick*, EZ, 1/12.
- Champ d'une machine bipolaire, *H. Hess*, EZ, 17/11.
- Commutation du courant des dynamos; *E. Arnold et G. Mie*, EZ, 2/2.
- Commutatrices; *C. Steimetz*, aEe, 17/12, 24/12.
- Commutatrices; *S. Thompson*, eE, 25/11, 2/12; IEE, février.
- Commutatrices; *E. Wilson*, IEE, juin.
- Construction bi et multipolaire; *A. Adams*, aEWaEE, 29/4.
- Couplage des dynamos; *A. Philipp*, eE, 25/11.
- Court circuit en commutation des dynamos à courant continu; *E. Arnold et G. Mie*, EZ, 23/2.
- Détails de porte-balais et de paliers; *E. Scott*, eR, 27/10.
- Dimensions des armatures; *G. Hantchet*, aEE, 11/3.
- Distribution des lignes de forces dans les armatures dentées; *F. Riethammer*, EZ, 2/11.
- Distribution du flux dans l'entrefer et les noyaux; *W. Goldoborough*, aEW, août-septembre.
- Dynamo à courant continu sans balai; *A. Campbell*, eER, 14/4.
- Échauffement des collecteurs; *H. Dix*, eER, 26/5.
- Effet de la commutation sur le champ des dynamos et des moteurs; *W. Everett et A. Peake*, eE, 30/12.
- Efforts mécaniques sur les bobines d'armature; *P. Heldt*, aEWaEE, 27/5.
- Équilibrage des armatures; *G. Hantchet*, aEe, 29/12.
- Équilibrage des tensions dans les dynamos avec circuits en parallèle; aEW, 29/10.
- Essais sur une dynamo à deux circuits indépendants; *A. Sengel*, EZ, 27/7, 3/8.
- Expériences sur une commutatrice; *K. Pichelmayer*, EZ, 5/10.
- Limite des étincelles; *G. Capp*, EZ, 5/1.
- Machines Walker à courants continus; *R. Wahle*, EZ, 29/12.
- Mise en parallèle de machines mues par moteurs à gaz; *G. Dettmar*, EZ, 19/10.
- Montage d'enroulement ouvert à courant continu; *G. Ovanna*, ZE, 25/6.
- Notes sur le calcul des collecteurs, *F. Matthewse*, ER, 21/10.
- Notes sur le calcul des dynamos; *C. Poole*, aEW, 26/11.
- Notes sur les commutatrices; *A. Eborall*, eER, 24/11, 1/12.
- Pertes par frottement dans les machines électriques; *G. Dettmar*, EZ, 1/6, 8/6.
- Recherches sur les caractéristiques en court circuit; *A. Rothert*, EZ, 31/8, 7/9, 14/9.
- Réglage de la vitesse des moteurs; *A. Adams*, al, août-septembre.
- Réglage des machines à arcs; *H. Watts*, aEW, 29/7.
- Réglage et rendement des moteurs; *A. Adams*, aEE, 4/3.
- Rendement des moteurs et des dynamos dans diverses conditions; *F. Baum*, aEW, aEE, 1/4.
- Représentation du fonctionnement des transformateurs; *C. Heincke*, EZ, 2/3, 9/3, 16/3.
- Résistance au contact des balais de cuivre et de charbon; *E. Arnold*, EZ, 5/1.
- Résistance électrique et mécanique des balais des dynamos; aEW, 16/9.

- Séparation des pertes par hystérésis, courant de Foucault et frottements; *C. Dettmar*, EZ, 16/3, 23/3.
- Séparation des pertes dans les transformateurs; *W. Penkert*, EZ, 21/9.
- Sur la production des étincelles dans les machines à courant continu; *Fischer Hinnen* EZ, 22/12/1898, 29/12.
- Sur le réglage de Sayer au moyen d'un troisième balai; *C. Feldmann*, EZ, 30/3.
- Théorie des commutatrices; *G. Kapp*, eE, 25/11, 9/12.
- Théorie des enroulements; *C. Westphal*, EZ, 9/2.
- Transformateurs à grande vitesse pour courants continus; *E. Scott*, eE, 23/6.
- Usage de génératrices à courants alternatifs et continus (dynamo Omnibus) dans les stations centrales; *E. Thomas*, eE, 4/12.

V. — Matériel électrique pour courants alternatifs.

- Action des régulateurs sur la marche en parallèle des alternateurs; *E. Wilson*, IEE, juin.
- Action d'un moteur synchrone comme inductance et capacité; *A. Mac Kissick*, aEW, aEE, 29/4.
- Alternateurs pour éclairage direct; *A. Adams*, aEW, 7/10.
- Appareils à haute fréquence et hauts voltages; *E. Thomson*, aEW, 14/10.
- Champs oscillateurs et tournants; théorie des moteurs à courants alternatifs; *M. Field*, cER, 10/2, 24/2, 17/3, 31/3, 14/4.
- Chute de tension des alternateurs; *B. Behrind*, EZ, 30/11.
- Commutatrices *G. Steinmetz*, aEe, 17/12, 24/12.
- Commutatrices *S. Thompson*, eE, 25/11, 2/12; IEE, février.
- Commutatrices *E. Wilson*, IEE, juin.
- Connexions pour éviter les pertes à vide des transformateurs; *H. Muller*, EZ, 28/9.
- Couplage des alternateurs; *E. Burch*, aEW, 8/10.
- Démarrage simple pour moteurs à champ tournant; *F. Riethammer*, EZ, 24/8.
- De quelques caractères des moteurs d'induction; *G. Cavens Wilson*, eER, 27/10.
- Des fuites magnétiques dans les transformateurs; *A. Russell*, cE, 17/2, 24/2.
- Diagrammes de moteurs d'induction; *C. Hawkins*, eE, 27/11, 10/2, 24/4.
- Dispersion magnétique dans les transformateurs, eE, 31/3, 7/4.
- Dispositifs de synchronisation par marche en parallèle des alternateurs; *H. Muller*, EZ, 15/6.
- Épaisseur des plaques de transformateur; *F. Bodell*, *N. Klein* et *T. Thompson*, aEe, 31/12.
- Équilibrage des armatures; *G. Hantchet*, aEe, 29/12.
- Essais de transformateurs; *W. Goldsborough*, eE, 13/10, 20/10; aEW, 24/6.
- Expériences sur une commutatrice; *K. Lichelmayer*, EZ, 5/10.
- Explication graphique du fonctionnement des moteurs asynchrones; *W. Banter*, aEW, 30/9.
- Études sur un transformateur de phases; *O. Spitzer*, ZE, 30/4.
- Freinage des moteurs d'induction au point de vue des tramways; *E. Eichberg*, EZ, 24/11.
- Freinage des moteurs d'induction monophasés; *F. Eichberg*, ZE, 13/11.

- Frottement des moteurs d'induction à vide; *R. Braun*, EZ, 28/9.
- Génératrices et appareils polyphasés de la Compagnie Edison, de Chicago; *H. Nicoz*, EZ, 1/12.
- Interrupteurs pour appareils d'induction; *F. Dessauer*, EZ, 23/3.
- Le moteur d'induction; *E. Wilson*, 17/3; *eE*, 31/3, 7/4, 14/4; *IEE*, avril.
- Méthode de compoundage des alternateurs; *E. Danielson*, EZ, 12/1.
- Méthode de mesure du décalage des moteurs à champ tournant; *C. Bratfelot*, EZ, 9/2.
- Mesure du glissement des moteurs asynchrones; *Rosenberg*, ZE, 14/6.
- Méthodes de transformation; *J. Swemburne*, *eE*, 16/6.
- Mise en parallèle de machines mues par moteur à gaz; *G. Dettmar*, EZ, 19/10.
- Moteurs à champ tournant avec une seule phase dans l'armature; *H. Cahen*, EZ, 8/12.
- Moteurs à champ tournant à grand couple de démarrage; *T. Marcher*, EZ, 30/3.
- Moteurs à courant alternatif; *T. Meston*, *aEE*, 4/2.
- Moteurs d'induction à vitesse variable; *F. Niehammer*, EZ, 10/11.
- Notes sur les commutatrices; *A. Eborall*, *eER*, 24/11, 1/12.
- Notes sur les moteurs alternatifs, moteurs Heiland; *A. Eborall*, *eER*, *aER*, 29/9.
- Nouveau diagramme pour les transformateurs; *F. Raum*, *aEW*, *aEE*, 63/5.
- Nouveau type de transformateur de la Compagnie Hélios; *C. Feldmann*, EZ, 2/11.
- Nouveaux transformateurs de la Compagnie du Carborundum, au Niagara; *J. Peck*, *aEe*, 7/1.
- Noyaux de transformateur; *E. Scott*, *eR*, 2/6.
- Oscillateur à haute fréquence pour électrothérapie et autres buts; *N. Tesla*, *aEe*, 17/11.
- Oscillations d'alternateurs en parallèle; *G. Kapp*, EZ.
- Pertes dans le fer des transformateurs; *W. Goldsborough*, *aEW*, *aEE*, 20/5.
- Prédétermination de la régulation dans les transformateurs; *A. Kennelly*, *aEW*, 2/9.
- Prédétermination des diagrammes de moteur à champ tournant; *A. Rothert*, EZ, 3/11.
- Répartition de courant et énergie absorbée dans les induits fermés; *G. Roessler*, EZ, 10/11, 17/11.
- Synchronisation des alternateurs *M. Gardner* et *M. Howgrave*; *Graham*, *eER*, 8/9, *IEE*, août.
- Théorie des commutatrices; *G. Kapp*, *eE*, 25/11, 9/12.
- Théorie des moteurs à champ tournant; *G. Osanna*, ZE, 7/5, 14/5, 21/5.
- Théorie des moteurs asynchrones; *J. Henbach*, EZ, 27/4, 4/5.
- Transformateur redresseur d'après le panchahuteur Hutin et Leblanc; *L. Kaler*, ZE, 3/9.
- Types spéciaux d'alternateurs; *F. Patten*, *aEW*, *aEE*, 20/5.
- Usage de génératrices à courants alternatifs et continus, dynamo omnibus, dans les stations centrales; *E. Thomas*, *eE*, 4/12.

VI. — Canalisation. Appareillage.

- Appareils de sécurité dans les distributions électriques; *W. Emmett*, *aEW*, *aEF*, 27/5.
- Boîtes d'abonnés pour courants alternatifs; *R. Helm*, EZ, 6/4.
- Câbles Siemens pour haute tension; *A. Koepsel*, EZ, 20/4.
- Calcul des circuits secondaires pour courants alternatifs; *G. Thayer*, *aEe*, 28/1.

- Canalisations; *J. Andrews*, *eER*, 8/10, 13/10.
Canalisations souterraines; *L. Ferguson*, *aEW*, 24/6, 1/7.
Capacité des lignes aériennes; *F. Breisig*, *EZ*, 17/11.
Condensateurs dans les stations électriques; *J. Snell*, *eE*, 14/7.
Conducteurs concentriques; *M. O'Gorman*, *aEW*, 12/8.
Contact électrique pour pont; *E. Birdsall*, *aEW*, 22/7.
Détermination du nombre des points d'alimentation d'un réseau; *A. Sengel*, *EZ*, 16/11, 23/11.
Dispositif de sûreté pour lignes aériennes à haute tension; *C. Hesse*, *EZ*, 31/8.
Essais et calculs d'une transmission de 40 milles en aluminium; *F. Perrine*, *eE*, 20/10.
Feeders de retour; *Bohm Raffay*, *ZE*, 2/7, 23/7.
Interrupteur à liquide pour bobine Ruhmkorff; *C. Swidon*, *eE*, 30/6.
Interrupteur électrolytique; *A. Wehnelt*, *EZ*, 26/1.
Interrupteurs pour appareils d'induction; *F. Dossauer*, *EZ*, 23/3.
La période propre d'une longue canalisation et la fréquence de ses décharges; *C. Steinmetz*, *EZ*, 20/10.
Machine à influence; *Pidgeon*, *eER*, 10/11.
Notes sur la canalisation de Cheltenham; *H. Kilgour*, *eE*, 2/6.
Nouveau matériel de coupe-circuits; *J. Dresler*, *EZ*, 4/5.
Nouvel interrupteur universel au mercure; *M. Levy*, *EZ*, 12/10.
Poteaux en fer, lampes et canalisation de Boxton; *A. Adams*, *aEW*, 23/9.
Prise de courants pour tramways à caniveaux; *eE*, 8/9.
Progrès dans la construction des résistances électriques; *M. Levy*, *EZ*, 21/9.
Réducteur pour accumulateurs; *H. Müller*, *EZ*, 23/2.
Rhéostats de démarrage; *O. Mattick*, *eE*, 17/11.
Simple forme de contact instantané; *J. Haralsos*, *aEW*, 15/7.
Simple forme de machine à influence pour rayons X; *W. Cotton*, *eE*, 27/10.
Sur le travail des conducteurs aériens; *M. Jüllig*, *ZE*, 23/4.
Sur les règles pour les canalisations; *R. Crompton*, *eE*, 3/2.
Usage de l'aluminium pour tableaux; *E. Scott*, *eER*, 9/6.
Uniformations des balais de charbon; *E. Scott*, 24/11, *eER*.

VII. — Stations centrales. Installations diverses. Systèmes de distribution.

- Avantages des stations centrales à courant alternatif; *E. Maton*, *aEW*, 3/12.
Calcul du prix des courants alternatifs; *G. Beneschke*, *EZ*, 29/6.
Développement de l'usine hydraulique de Chambly; *C. Haas*, *aW*, 3/6.
Distribution polyphasée; *G. Stern*, *ZE*, 5/3.
Éclairage de Hull; *eER*, 4/11.
Éclairage de Folkestone; *eER*, 11/11.
Éclairage de Lynn; *eER*, 22/9.
Éclairage du château de Londonvilliers; *G. Klinkenberg*, *EZ*, 6/7.
Éclairage en série par transformateurs à courant constant; *aEW*, 4/11.
Éclairage et transport d'énergie du Palmen Garten de Francfort; *E. Leckmann Richter*, *ZE*, 8/10.
Emploi du courant du Niagara à Buffalo; *O. Dunlap*, *aEe*, 5/1.

- Équivalence des montages en étoile et en triangle; *A. Kennely*, ZE, 15/10.
Installation de Leith; *eE*, 11/8.
Installation de l'imprimerie Conkey; *G. Damon*, *aEe*, 17/11.
Installation de Paderno; *G. Semenza*, *eE*, 16/12, 6/1, 13/1.
Installation de Paderno d'Adda; *E. Vanotti*, EZ, 5/1, 1899.
Installation de Péterboro; *E. Archibald*, *aEW*, 12/8.
Installation de Snoqualmie Falls; *eE*, 27/10.
Installation de Trenton; *E. Archibald*, *aEW*, 19/8.
Installation diphasée de Sherbrook; *E. Archibald*, *aEW*, 16/9.
Installation municipale d'Austin (Texas); *aEW*, 14/10.
Installations des California Powder Works; *W. Allen*, *aEW*, 11/11.
Installations du Niagara; *J. Woodbridge*, *aEe*, 7/1.
Installation électrique des Trois-Rivières; *E. Archibald*, *aEW*, 15/7.
Installation électrique d'un atelier d'imprimerie; *G. Damon*, *aEW*, 12/11.
Installations électriques de Brooklyn; *V. Barstow*, *aEW*, 1/7, 8/7, 15/7.
Installations électriques des rapides de Lachine; *E. Archibald*, *aEW*, 5/8.
Installations électriques du « Kearsage » et du « Kentucky »; *aEW*, 25/11.
Installations municipales de West-Ham et de Barrow in Furness; *eE*, 4/8.
L'électricité en Suisse; *Rheinfelden*, *eE*, 4/8, 11/8, 18/8, 25/8, 1/9, 8/9, 15/9.
Mise à la terre des circuits de basse tension; *W. Emmett*, *aEW*, 11/11.
Notes sur la distribution souterraine des courants diphasés à New-York; *E. Leslie*, *aEW*, 17/6.
Notes sur les distributions diphasées; *eE*, 18/8.
Nouvelle station de la Compagnie de Kings-County; *G. Hautchet*, *aEW*, 25/11.
Nouvelle station de l'Electric Light Co; *aEe*, 24/11.
Perte de charge dans les conducteurs à réseaux alternatifs; *C. Poole*, *aEW*, 18/11.
Production et distribution électrique de la force motrice; *J. Raworth*, *eE*, 10/11.
Réglage dans le système à trois fils pour courant continu, *C. del Proposto*, EZ, 8/12.
Répartition des courants dans les réseaux à courants alternatifs; *C. Feldmann*, EZ, 9/11.
Réseau pour courant alternatif; *H. Andriessen*, EZ, 15/12.
Services municipaux d'éclairage au point de vue commercial; *A. Gibbings*, *eE*, 11/11, 16/12.
Station centrale de Vienne; *J. Rolle*, ZE, 8/1.
Station centrale de Woburn; *L. Wallis*, *aEW*, 28/10.
Station de Canterbury; *eE*, 17/3.
Station de la City and London Electric Co; *eER*, 10/3, 17/3.
Station de Lincoln et de Hight Wycombe; *eE*, 3/3.
Station de Newington; *eER*, 23/6.
Station de Nürnberg; *P. Scholtes*, EZ, 3/11, 10/11.
Station de Para; *C. Host*, EZ, 2/2.
Station de Promontor; *E. Pick*, ZE, 1/10.
Station municipale de King's Lynn; *eE*, 15/9.
Statistique des installations électriques en Allemagne; EZ, 6/7.
Statistique des usines électriques; *E. Honigmann*, ZE, 25/6.
Système de distribution secondaire pour courants triphasés; *A. Bowie*, *aEW*, *aEE*, 29/4.
Système de paiement au compteur; *E. Delell*, *aEe*, 26/1.
Système triphasé à basse tension à quatre fils; *A. Bowie*, *eE*, 29/9.

Système triphasé à basse tension avec fil neutre; *A. Bowie*, *aEW*, 17/6.
Tendances des nouvelles stations centrales; *J. Arnold*, *aEE*, 11/2.
Transmission à grande distance; *G. Forbes*, *eE*, 9/12.
Usine hydraulique de Saint-Cloud Minn; *F. Springer*, *aEW*, 30/9.
Usines mixtes pour éclairage et traction; *H. Rider*, *eE*, 23/6.
Usine municipale de Darnen; *eE*, 29/9.
Usine de Plymouth; *eE*, 6/10.
Usines de l'Adige, alimentation de Méran et de Bozon; *O. von Miller*, *EZ*, 31/8.

VIII. — Transmission de l'énergie. Traction.

Accessoires de traction électrique; *E. Cottrell*, *eER*, 12/5, 26/5, 9/6, 30/6, 21/7, 4/8, 18/8, 25/8, 1/9, 8/9, 15/9.
Accessoires indispensables à la traction électrique; *H. Cottrell*, *eER*, 28/4, 5/5.
Accumulateurs dans les stations à courants alternatifs; *E. Minshall*, *aEW*, *aEE*, 1/4.
Accumulateurs et stations centrales de tramways; *R. Marc Lloyd*, *aI*, février.
Accumulateurs et tramways; *R. Lloyd*, *aEE*, 23/2.
Accumulateurs pour automobiles; *eER*, 23/12.
Automobiles électriques; *E. Egger*, *ZE*, 29/1, 12/2, 19/2.
Avantages relatifs des divers modes de traction; *T. Parker*, *eE*, 9/6.
Bloc-système pour chemins à simple voie; *O. Walzel*, *EZ*, 27/7.
Calcul de la puissance nécessaire aux tramways; *L. Schroder*, *EZ*, 2/2.
Calcul des tramways électriques; *J. Feckl*, *ZE*, 13/8, 3/9.
Chemin de fer à contact superficiel; *E. Johnson*, *aEe*, 24/11, 1/12, 7/12, 14/12.
Chemins de fer de Stanstad à Engelberg, *eE*, 27/11.
Chemin de fer de Wannøe; *ZE*, 11/12, 18/12.
Chemin de fer électrique Dusseldorf-Krefeld; *G. Braun*, *EZ*, 22/6.
Chemin de fer électrique triphasé entre Chicago et Milwaukee; *S. Sherman*, *eE*, 26/5.
Chemin souterrain de Boston; *aEE*, 11/2.
Chutes de Montmorency; *E. Archibald*, *aEW*, 17/6.
Communication électrique dans les trains de chemin de fer; *W. Langdon*, *IEE* février.
Comparaison des frais et des bénéfices entre les systèmes de traction (câbles, chevaux, électricité) à New-York; *eE*, 15/9.
Conducteurs aériens pour tramways; *M. Schiemann*, *EZ*, 11/5, 18/5.
Contribution au calcul des batteries-tampons; *G. Brandt*, *EZ*, 19/10.
Construction de la voie, ses défauts et les remèdes; *T. Gibbon*, *aEe*, 13/10.
Construction du tramway de Chilkoot Pass; *W. Burklolder*, *eE*, 31/12.
Corrosion électrolytique; *eER*, 30/12.
De la valeur du freinage électrique comme récupérateur, *aEW*, *aEE*, 8/4.
De la voie comme circuit de retour; *C. Anthony*, *aEW*, *aEE*, 29/4.
Des commutatrices et accumulateurs dans les transmissions à grande distance; *W. Robb*, *aEW*, 10/6.
Des transports d'énergie dans les industries du chanvre et du jute; *W. Schelkes*, *ZE*, 11/6.
Distribution de l'énergie pour les tramways de Vienne; *C. Neudeck*, *ZE*, 6/11.
Données sur les tramways; *H. Ryan*, *eER*, 20/10.

- Éclairage des chemins de fer de Vienne; *W. Koula*, EZ, 1/12.
- Électrolyse de tuyaux de fonte à Dayton; *H. Brown*, aEe, 3/11, aEW, 10/12.
- Elevated de Chicago; eE, 18/11.
- Emploi des paliers à bille sur les tramways; *R.-V. Podosky*, EZ, 26/1, 2/2.
- Essais de halage électrique, système Lamb et Kottgen; *G. Klingenberg*, EZ, 3/8.
- Essais de traction électrique sur chemin de fer; ZE, 29/11.
- Examen électrique des voitures de tramways; *A. Herrich*, FI, mai.
- Exposition internationale d'automobiles à Berlin, ZE, 12/11.
- Évaluation graphique des dépenses des chemins de fer; *W. Mattersdorff*, EZ, 8/12.
- Feeders de retour pour les tramways; eER, 3/3.
- Feeders de retour pour tramways; *Bohm Raffay*, ZE, 4/6.
- Fourniture de l'énergie pour traction; *L. Dawson*, eER, 24/11.
- Freinage des voitures et trains mus par l'électricité; *M. Schiemann*, EZ, 27/7.
- Influence de la température sur les fils de trolley; *M. Eisig*, EZ, 14/9.
- Installation du New-Boston Railway Terminal; aEE, 11/3.
- Intercommunication électrique des trains; *W. Langdon*, eE, 10/2.
- Intercommunication dans les trains de chemins de fer; *Langdon Davies*, eER, 23/12.
- La locomotive électrique en pratique; résistance à la traction dans les tunnels, avec notes sur leur construction; *P. Mac-Mahon*, eE, 26/5, 9/6.
- Le trolley aux îles Sandwich; *W. Johnston*, aEW, 23/9.
- Locomotives électriques; *P. Mac-Mahon*, eE, 16/6.
- Locomotives électriques et résistance à la traction dans les tunnels; *P. Mac-Mahon*, IEE, août.
- Matériel des canalisations aériennes de tramways; *Benz*, EZ, 13/7.
- Matériel Siemens et Halske pour contact à archet; ZE, 5/2.
- Méthode graphique et analytique pour la détermination des résistances de démarrage et de freinage; *F. Erenc*, EZ, 20/4.
- Moteurs d'induction monophasés; *E. Steinmetz*, EZ, 22/6, 29/6.
- Notes sur les distributions triphasées pour tramways; *A. Gibson*, eER, 20/1.
- Notes sur les trolleys à haute tension; *E. Scott*, eER, 10/2.
- Nouveau système d'éclairage des trains, système Auvert, P.-L.-M; *C. Neudeck*, ZE, 19/11.
- Nouveau système d'éclairage des trains; *E. Dick*, ZE, 12/3, 19/3.
- Observations sur la traction électrique; *H. Parshall*, eER, 3/2.
- Omnibus électrique Siemens et Halske; *Siebert*, EZ, 21/9.
- Prise de courant pour tramways à caniveaux; eE, 8/9.
- Prix de la vitesse dans le service des tramways; *J. Cravath*, aEW, aEE, 1/4, 8/4.
- Problème du transport en commun dans les grandes villes; *E. Higgins*, FI, mai.
- Problème du trolley à Blakpool; eE, 28/7.
- Procédés graphiques de détermination des vitesses et des résistances pour la traction électrique; *J. Neidt*, EZ, 12/1, 19/1.
- Production du courant par traction; *G. Scott*, eER, 16/6, 14/7, 11/8, 8/9.
- Projet pour l'exploitation électrique du métropolitain de Berlin; EZ, 16/11.
- Protection des observatoires magnétiques contre les tramways à lignes aériennes; *S. Wachter*, EZ, 14/9.
- Railway triphasé de Chicago à Milwaukee; *S. Sherman*, aEW, aEE, 8/4.

Relations entre le nombre d'habitants, les recettes et le trafic comme base d'un projet de tramways; *A. Hecker*, EZ, 17/8.

Réflexions sur la transmission à longue distance; *F. Scott*, eER, 25/8.

Station centrale de la Consolidated Traction Co de Pittsburgh; *G. Greenwood*, aEE, 18/2.

Système à caniveau de la Capital traction Co; aEe, 31/12.

Système Anderson (à caniveau fermé) de traction électrique; eE, 4/11.

Système de contrôle des courants de terre dans les tramways; *M. Kalmann*, EZ, 23/2.

Système de Tesla pour la transmission de l'énergie; eER, 11/10.

Système mécanique pour contacts superficiels; eER, 30/12.

Système Thomson-Walker de traction électrique; eE, 25/10.

Système à contacts superficiels de l'Union EG; *M. Kubierschky*, EZ, 27/4.

Systèmes mixtes à courants alternatifs et continu pour traction, et en particulier système Déré; *F. Euchberg*, ZE, 14/6.

Système « Multiple Unit » pour chemin de fer électrique; *F. Sprague*, al, mai.

Traction avec contacts superficiels; *M. Walker*, eE, 17/2, IEE, avril.

Traction électrique; *G. Cuninghame*, eE, 23/6.

Traction électrique; *P. Dawson*, eE, 24/3.

Traction électrique; *A. Greatoux*, eE, 25/8, 1/9, 8/9.

Traction électrique, son application aux tramways suburbains et métropolitains; *P. Dawson*, eE, 31/3.

Traction par accumulateurs à Gand; *J. Zacharias*, EZ, 6/7.

Traction sur les canaux; *A. Allen*, eE, 21/10.

Tramways de Batavia; *H. Lippegans*, EZ, 26/10.

Tramways de Blackburn; eE, 24/3.

Tramways de Coblenz; EZ, 7/9.

Tramways d'Evian; eE, 26/8.

Tramways de Glasgow; eE, 18/11.

Tramways de Hanovre; *W. Johnson*, aEW, 14/10.

Tramways de la Marche; *M. Schumann*, EZ, 20/7.

Tramways de Liverpool; eE, 18/11.

Tramways de Reichenberg avec batterie tampon; *U. Schopp*, ZE, 10/9.

Tramways de Saint-Hélène de Hull et de Oldham; eE, 28/7.

Tramways de Sheffield; eE, 1/9.

Tramways pour petites villes; *C. Neudeck*, ZE, 3/12.

Transmission à haut voltage; *C. Scott*, aEe, 24/11, 1/12, 7/12, 14/12; aEW, octobre.

Transmission de Bosen-Méran; aEE, 4/3.

Transmission de la vallée de Kalamazzo; *E. Hartt*, aEW, 30/9.

Transmission du mont Whitney; *D. Fry*, aEW, 28/10.

Transmission et distribution de l'électricité à distance; *H. Parschall*, aEW, 5/8.

Transmission et distribution économique à grande distance; *H. Parschall*, eE, 30/6.

Transmission triphasée à Saint-Hyacinthe (Canada); *E. Archibald*, aEW, 24/6.

Troisième rail; *L. Marcham*, aEe, 3/11.

Types américains d'automobiles; *S. Shermann*, aEW, 24/6, 22/7.

Utilité des batteries tampons; *L. Gebhard*, ZE, 30/7, 6/8.

Voitures électriques; *J. Appleton*, aEW, 5/11.

Voitures électriques; *Riker*, *eE*, 16/6.

Types américains de voitures électriques; *T. Booth*, *aEW*; *aEE*, 6/5.

Voitures électriques; *F. Viddling*, *EZ*, 18/5.

Voitures électriques à l'Exposition internationale; *F. Wilking*, *EZ*, 23/11.

IX. — Éclairage et chauffage.

Arc sifflant; *M^{me} Ayrton*, *eE*, 31/3, 7/4, 21/4.

Arcs sifflants; *H. Ayrton*, *IEE*, juin.

Charbons à lumière; *F. Schl*, *eE*, 26/8, 6/12, 23/12, 20/1, 24/2, 3/3, 31/3, 14/4, 21/4.

Chauffage électrique; *O. Dunlop*, *eER*, 25/8.

Différence entre les bonnes et mauvaises lampes; *F. Willcox*, *aEW*; *aEE*, 18/3.

Éclairage des chemins de fer de Vienne; *W. Koula*, *EZ*, 1/12.

Étude photographique de l'arc, *H. Brown*, *aEe*, 14/1.

Lampes à arc pour locomotives; *M. Schiemann*, *EZ*, 19/1.

La lampe à haut voltage; 17/11, 24/11.

Lampes à un watt et demi; *A. Adams*, *aEW*, *aEE*, 1/4.

Lampes économiques à incandescence; *B. Montel*, *ZE*, 21/7.

Lampes Nernst; *J. Swinburne*, *eE*, 10/2.

Les prédécesseurs de la lampe de Nernst; *E. de Fodor*, *ZE*, 9/4.

Nouveau système d'éclairage des trains (système Auvert, P. L. M.); *C. Neudeck*, *ZE*, 19/11.

Nouveau système d'éclairage des trains; *E. Dick*, *ZE*, 12/3, 19/3.

Phénomènes acoustiques de l'arc électrique; *O. Hartmann*, *EZ*, 23/5.

Procédé Maxim pour fabriquer des filaments de lampe à haute tension; *aEE*, 9/2.

Puissance lumineuse des lampes, unité appropriée; *W. Stine*, *eER*, 8/9.

Rapport des intensités moyennes horizontales et sphériques des lampes à incandescence; *R. Fessenden*, *aEE*, 25/2.

Réglage des lampes à arc; *A. Adams*, *aEE*, 16/2.

Réglage des machines à arc; *H. Watts*, *aEW*, 29/7.

Soudure électrique; *R. Danforth*, *eER*, 6/10.

Statistique des lampes à arc enfermé; *L. Marcks*, *aEW*, 4/11.

Sur la mise en série de deux arcs; *W. Wedding*, *EZ*, 1/4.

Sur les lampes à incandescence; *B. Montel*, *ZE*, 11/12.

X. — Machines. Applications électromécaniques.

Arrangement des tuyaux de vapeur et de leurs garnitures; *J. Edgcome*, *eE*, 21/7.

Atelier « fin de siècle »; *J. Bathurst*, *eER*, 18/8, 25/8.

Coût de production de la vapeur; *J. Holliday*, *eE*, 24/11, 1/12.

Drainage électrique de la Nouvelle-Orléans; *L. Reed*, *aEW*, 18/11.

Élément d'un projet favorable au réglage de la vitesse dans les installations hydrauliques; *A. Carratt*, *aI*, août-septembre.

Emploi de l'électricité dans les aciéries et hauts fourneaux comme puissance motrice:

A. Maccoun, *aEWaEE*, 15/4.

Engrenage Humpage; *eER*, 4/8.

Grue de Southampton; *eE*, 18/11.

Grues électriques; *eER*, 17/11, 24/11.
Installation d'éclairage électrique avec moulins à vent; *E. Dick*, *ZE*, 16/7, 23/7, 30/7.
Installation électrique d'épuisement dans les ruines de Bochum; *O. Lasche*, *ZE*, 14/5.
Limite de la subdivision des moteurs électriques dans les ateliers; *aI*, avril.
Machines à gaz Westinghouse; *eER*, 28/7.
Machines à grande vitesse; *J. Dales*, *eE*, 27/11.
Machine à graver électrique; *F. Patten*, *aEW*, 26/8.
Machines-outils; *E. Amos*, *eER*, 7/7, 14/7, 28/7, 4/8.
Paliers à billes; *M. Barr*, *eR*, 25/11.
Pompes dans les stations centrales; *E. Scott*, *eER*, 20/10.
Régulateur de vitesse à embrayage électrique; *H. Muller*, *EZ*, 24/8.
Régulateurs de machine à vapeur; *J. Dawidson*, *eER*, 25/11, 9/12.
Remarques sur l'usage des appareils électriques à bord pendant la guerre de Cuba; *F. Roller*, *aEe*, 12/1.
Turbines à vapeur; *R. Kennedy*, *eER*, 10/3; *eER*, 28/4.
Vapeur surchauffée; *P. Schou*, *eE*, 16/12.

XI. — Télégraphie. Téléphonie. Signaux.

Annonciateurs avec lampe à incandescence; *K. Miller*, *EZ*, 14/9.
Appareil imprimeur; *Higgins*, 9/12, *eE*.
Avertisseur automatique pour lignes à cloche avec courant de repos; *H. Fillunger*, *ZE*, 10/9.
Balais téléphoniques; *W. Hammer*, *aEW*, 3/6.
Bloc-système pour chemins à simple voie; *O. Walzer*, *EZ*, 27/7.
Bureau téléphonique avec batterie centrale; *eE*, 14/7.
Câbles en papier pour téléphonie; *eER*, 7/4.
Centralisation des sources d'énergie dans les bureaux téléphoniques; *K. Miller*, *aEe*, 24/12, 14/1, 11/2.
Cloches à signaux électriques; *ZE*, 27/8.
Cohéreur à récupération automatique et étude des propriétés de divers métaux; *J. Bose*, *eE*, 21/7.
Compensation par condensateur dans les circuits télégraphiques; *G. Simpson*, *eE*, 25/8.
Description des deux bureaux centraux nouvellement construits à Vienne, *B. von Wehrenalp*, *ZE*, 14/6.
Développement et état actuel de la Télégraphie sous-marine; *H. Webb*, *aEe*, 10/11.
Essais du télégraphe imprimeur multiple Rowland entre Philadelphie et Jersey City, *aEE*, 2/3.
État de la téléphonie en Autriche; *H. von Helrigl*, *ZE*, 11/6.
Expérience de télégraphie optique; *K. Zickler*, *EZ*, 8/12.
Expériences de télégraphie sans fils; *J. Kitzce*, *aEW*, 24/6.
Expériences sur les appareils Marconi; *K. Strecker*, *EZ*, 15/12.
« Express system » pour bureaux centraux; *A. Kraatz*, *EZ*, 10/11.
Fusibles dans les installations téléphoniques; *J. Mattausch*, *ZE*, 2/4.
Fusibles pour circuits téléphoniques; *K. Strecker*, *EZ*, 28/9.
Horloge électrique centrale de Carlsruhe; *E. Gielue*, *EZ*, 13/7, 20/7.

- Installation électrique pour signaux du Block-system; *Kuzik*, ZE, 9/7.
Intercommunications dans les trains de chemins de fer; *Langdow Dawies*, eER, 23/12; eE, 10/2.
Le Post office et la Téléphonie; *S. Varley*, eER, 7/4.
Le téléphone en Amérique; *K. Miller*, eER, 15/9.
Notes sur la téléphonie moderne; *Barth von Wehrenalp*, ZE, 23/10, 6/11, 13/11, 27/11, 4/12.
Nouveau cohéreur; *A. Dell*, aEW, 17/6.
Nouveau système téléphonique à fils communs; *J. West*, ZE, 1/1.
Nouvelle combinaison pour télégraphes de chemin de fer; EZ, 1/12.
Observations sur le fonctionnement de la Télégraphie sans fils; *W. Mayer*, aEW, 14/10.
Pantographe électrique; *F. Patten*, aEW, 12/8.
Patentes récentes relatives à la Télégraphie sans fils; eEW, 6/10.
Perfectionnement dans les téléphones; *K. Miller*, aEW, aEE, 15/4, 22/4.
Perfectionnement de la télégraphie magnétique; *O. Lodge*, IEE, février.
Perfectionnement de la télégraphie sans fils; *O. Lodge*, eE, 16/12, 23/12.
Perturbations téléphoniques; *G. Shepardson*, août-septembre, aEW.
Production du courant pour les réseaux téléphoniques; *K. Miller*, EZ, 17/8, 24/8, 31/8.
Progrès de la télégraphie magnétique; *O. Lodge*, eE, 6/1, 13/1.
Protection des lignes téléphoniques contre les courants de haute tension; *O. Canter*, EZ, 10/8.
Relais téléphoniques; *W. Hammer*, aEW, aEE, 27/5.
Signaux de chemins de fer sans contacts; *W. Boulton*, ER, 22/9, 6/10.
Signaux du siphon recorder; *Rymer Jones*, eER, 13/1, 20/1, 3/2, 17/3.
Signaux sans contacts; *W. Boulton*, eE, 13/10, 20/10.
Sur un cohéreur automatiquement décohéreur; *Ch. Bose*, EZ, 28/9.
Télégraphie éthérique; eE, 13/1.
Télégraphie éthérique; *W. Prace*, IEE, février.
Télégraphie par induction électromagnétique; *S. Evershed*, EZ, 8/6, 15/6; eE, 30/12; IEE, février.
Télégraphie par la lumière ultra-violette; *K. Zickler*, eE, 16/12.
Télégraphie rapide; *Pollak et Virag*, EZ, 6/7.
Télégraphie sans fils; *W. Bissing*, aEe, 14/1, 21/1, 28/1.
Télégraphie sans fils; *A. Dolbear*, aEW, 10/6, 19/8.
Télégraphie sans fils; *R. Kennedy*, eER, 14/4.
Télégraphie sans fils; *G. Marconi*, eE, 10/3; IEE, avril.
Téléphone automatique de l'administration prussienne; EZ, 3/8.
Téléphonie Duplex; *Schwensky*, eE, 14/7; EZ, 22/12.
Téléphonie et Télégraphie par les mêmes fils; *O. Canter*, EZ, 15/12.
Téléphonie sans pile d'appel chez les abonnés; *G. Ritter*, EZ, 6/4, 13/4, 20/4.
Transmetteurs d'ordres; *A. Raps*, EZ, 7/9.
Transmissions télégraphiques des dessins; *J. Walter*, EZ, 19/1.

XII. — Divers. Historique. Jurisprudence.

- Accident à Blakpool; eE, 6/10.
Accident à Hastings; eE, 13/10.

- Accident à la station de Bankside; *eE*, 8/9.
Accidents causés par l'acétylène; *J. Kershaw*, *eER*, 28/4.
Carte électrique de Manhattan; *A. Knudson*, *aEW*, octobre.
Commerce avec le Japon; *W. Eastlake*, *aEW*, 7/10.
Congrès à l'Exposition de 1900; *F. Drake*, *aEW*, 1/7.
Congrès de Côme; *G. Martinez*, *aEW*, 21/10.
De la sécurité de l'homme vis-à-vis des installations électriques; *H. Kath*, *EZ*, 24/8.
Électricité à bord; *S. Greene*, *aE*, 23/2.
Électricité à bord; *Greene*, *aI*, février.
Électricité de la Marine italienne; *G. Martinez*, *aEW*, *aEE*, 18/3, 25/3, 1/4, 8/4, 15/4, 22/4.
Emploi des diagrammes vectoriels pour les courants alternatifs dans les longues canalisations et la limite économique des hautes tensions; *G. Dettmar*, *EZ*, 1/6.
Emploi de diagrammes vectoriels; *F. Breisig*, *EZ*, 8/6, 15/6.
Le Centenaire du courant électrique; *J. Fleming*, *eE*, 15/9.
L'Électricité avant Volta; *E. de Fodor*, *ZE*, 5/11.
Mesures de sécurité pour les tensions moyennes; *EZ*, 10/8.
Notes historiques sur les piles primaires; *W. Cooper*, *eE*, 18/8.
Notes sur la Chine; *F. Crocker*, *aEW*, 24/6, 1/7, 8/7.
Nouveau moyen de sécurité de l'A. E. G.; *A. Schirner*, *EZ*, 10/8.
Opportunité de la fixation de l'échelle pour les compteurs; *J. Sahulka*, *ZE*, 14/6.
Premiers secours à donner en cas d'accidents; *EZ*, 19/10.
Projet de réglementation d'après les décisions du Comité de l'« Elektrotechnische Verein » de Vienne; *F. Ross*, *ZE*, 14/6.
Protection des circuits secondaires contre les risques d'incendie; *C. Hutchinson*, *aI*, août-septembre.
Protection des installations intérieures contre les courants de haute tension; *W.* et *L. Reed*, *aEW*, 28/10.
Rapport du Comité d'unification (approuvé par l'American Institute of Electrical Engineers, le 27 juin, à Boston); *aER*, 5/7, 12/7.
Rapport sur le projet de loi relatif aux expropriations pour les services électriques; *J. Kareis*, *ZE*, 14/6.
Rapport sur les projets de règlement pour les installations électriques; *F. Ross*, *ZE*, 14/6.
Réglementation des concessions électriques; *Horten*, *ZE*, 14/6.
Règles pour les installations intérieures; *J. Pigg*, *eE*, 10/2.
Remarque sur la question des tarifs; *K. Wilkens*, *EZ*, 13/4.
Remarques sur l'usage des appareils électriques à bord pendant la guerre de Cuba; *F. Roller*, *aEe*, 12/1.
Signaux électropneumatiques; *eER*, 27/10, 3/11.
Statistique de la Basse-Autriche en 1898; *ZE*, 24/9.
Sur les vols d'énergie électrique; *W. Kohlrausch*, *EZ*, 3/8.
Unification des règlements; *C. Wordingham*, *eE*, 3/2.
-

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE TOME XVI.

	Pages
ALIAMET. — Observations sur les récents dispositifs pour l'éclairage par arc.....	450
ALIAMET et MONTPELLIER (J.-A.). — Guide pratique de mesures et essais industriels. (<i>Bibl.</i>).....	256
ALIAMET et SARTIAUX (Eug.). — Les applications industrielles des transformateurs-redresseurs de M. Maurice Leblanc.....	263
BAST (O. DE). — Recherche élémentaire des relations entre les grandeurs électriques dans les circuits parcourus par des courants alternatifs. (<i>Bibl.</i>).....	432
BOCHET (A.). — Les parafoudres sur les canalisations électriques.....	184
BOS (Charles) et LAFFARGUE (J.). — La distribution de l'énergie électrique en Allemagne. (<i>Bibl.</i>).....	345
BOUCHEROT (P.). — Sur les coupe-circuits à interrupteurs.....	28
BOUTY (E.). — Progrès de l'électricité. Oscillations hertziennes. Rayons cathodiques et rayons X. (<i>Bibl.</i>).....	346
BROCA (A.). — La télégraphie sans fils. (<i>Bibl.</i>).....	432
BRUNSWICK (E.). — Coupe-circuits à interrupteurs.....	7, 48
BRUNSWICK (E.). — Observations sur la réaction d'induit dans les machines dynamo-électriques.....	172
COTTON (A.). — Le phénomène de Zeeman. (<i>Bibl.</i>).....	431
FISCHER-HINNEN. — Les dynamos à courant continu; fonctionnement, calcul et construction. (<i>Bibl.</i>).....	30
GÉRARD (Éric). — Leçons sur l'Électricité professées à l'Institut électrotechnique Montefiore. (<i>Bibl.</i>).....	303
GOSSELIN (X.). — Les récents dispositifs pour l'éclairage par arc.....	443
GROSSELIN (M.). — Sur les coupe-circuits à interrupteurs.....	37
GUILLAUME (Jacques). — Second voyage d'études en Suisse des élèves de l'École supérieure d'Électricité.....	217
GUTTON (C.). — Comparaison des vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air et le long des fils.....	311
HEGNER. — Observations sur les récents dispositifs pour l'éclairage par arc.....	456
HILLAIRET (A.). — Sur les coupe-circuits à interrupteurs.....	29
HOSPITALIER (E.). — L'interrupteur électrolytique de Wehnelt et ses applications.....	205, 248
JAUBERT (G.-F.). — L'industrie du goudron de houille. (<i>Bibl.</i>).....	175

	Pages
JUPPONT (P.). — Température et énergie; essai sur une équation de dimension de la température. (<i>Bibl.</i>).....	304
KEIGNART (E.). — Guide pratique de l'amateur électricien. (<i>Bibl.</i>).....	175
KORDA (S.). — Observations sur la réaction d'induit dans les machines dynamo-électriques.....	172
KORDA (J.). — Sur les coupe-circuits à interrupteurs.....	42
LAFFARGUE (J.) et Bos (Charles). — La distribution de l'énergie électrique en Allemagne. (<i>Bibl.</i>).....	345
LAPORTE (F.). — Appareil employé au Laboratoire central d'Électricité pour l'étude de la répartition lumineuse des lampes à arc.....	288
LAURIOL. — Production de l'électricité par la combustion des ordures ménagères.....	468
LEBLANC (Maurice). — Étude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs..... 54, 112, 316,	349
LECOMTE (Henri). — Les arbres à gutta-percha. (<i>Bibl.</i>).....	304
LOVENDALL (A.-S.). — Dictionnaire technique français-anglais. (<i>Bibl.</i>).....	175
MAURAIN (Ch.). — Le magnétisme du fer. (<i>Bibl.</i>).....	431
MINET (A.). — Analyses électrolytiques. (<i>Bibl.</i>).....	386
MONTPELLIER (J.-A.) et ALIAMET. — Guide pratique de mesures et essais industriels. (<i>Bibl.</i>).....	256
NANSOUTY (DE). — L'année industrielle. (<i>Bibl.</i>).....	176
OCAGNE (M ^{re} D'). — Traité de Nomographie. (<i>Bibl.</i>).....	430
O'KEENAN (C.-Ed.). — Compteur volt-heure-mètre O'Keenan, dit <i>Compteur O'K.</i>	391
PICOU (R.-V.). — Président sortant. Allocution.....	206
PICOU (R.-V.). — Canalisations électriques : lignes aériennes industrielles. (<i>Bibl.</i>)	256
PICOU (R.-V.). — La réaction d'induit dans les machines dynamo-électriques. 160,	173
POINCARÉ (H.). — Cinématique et mécanisme : potentiel et mécanique des fluides. (<i>Bibl.</i>).....	303
SARCIA (J.). — Tramways électriques à accumulateurs de la ville d'Ostende....	49
SARTIAUX (E.). — Observations sur les récents dispositifs pour l'éclairage par arc.....	456
SARTIAUX (E.) et ALIAMET. — Les applications industrielles des transformateurs-redresseurs de M. Maurice Leblanc.....	263
VEDOVELLI. — Sur les coupe-circuits à interrupteurs.....	10
VIOLLE (J.). — Président entrant. Allocution.....	214
ZETTER. — Sur les coupe-circuits à interrupteurs..... 19,	40



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

	Pages
Allocution de M. R.-V. Picou, Président sortant	206
Id. de M. Violle, Président entrant	214
Amortissement de l'emprunt pour l'École supérieure d'Électricité	6, 34
Analyses électrolytiques, par M. A. Minet. (<i>Bibl.</i>)	386
Année industrielle (L'), par M. de Nansouty. (<i>Bibl.</i>)	176
Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1899. (<i>Bibl.</i>)	176
Appareil employé au Laboratoire central d'Électricité pour l'étude de la répartition lumineuse des lampes à arc, par M. F. Laporte	288
Applications industrielles des transformateurs-redresseurs de M. Maurice Leblanc (Les), par MM. E. Sartiaux et Aliamet	263
Arbres à gutta-percha (Les), par M. H. Lecomte (<i>Bibl.</i>)	304
Assemblée générale annuelle du 12 avril 1899	177
Bibliographie	175, 256, 303, 345, 386, 430
Canalisations électriques, lignes aériennes industrielles, par M. R.-V. Picou. (<i>Bibl.</i>)	256
Cinématique et mécanismes; potentiel et mécanique des fluides, par M. H. Poincaré. (<i>Bibl.</i>)	303
Comité d'administration (Rapport du)	181
Comité d'administration (Renouvellement partiel du)	205
Comparaison des vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air et le long des fils, par M. C. Gutton	311
Compteur volt-heure-mètre O'Keenan dit <i>Compteur O'K</i> , par M. C.-Ed. O'Keenan.	391
Concours pour un coffret avec prise de courant universelle pour les automobiles électriques	102, 387
Congrès des électriciens russes	440
Coupe-circuits à interrupteurs, par M. Brunswick	7
Coupe-circuits à interrupteurs (Discussion sur les), par MM. Vedovelli, Zetter, Boucherot, Hillairet, Grosselin, J. Korda, Brunswick	10, 37
Dictionnaire technique français-anglais, par M. A.-S. Lovendall. (<i>Bibl.</i>)	175
Distribution de l'énergie électrique en Allemagne (La), par MM. Charles Bos et J. Laffargue. (<i>Bibl.</i>)	345
Dons à la Société	6, 34, 110, 178, 214, 262, 310
Dynamos à courant continu : fonctionnement, calcul et construction (Les), par M. Fischer-Hinnen. (<i>Bibl.</i>)	430

	Pages
École supérieure d'Électricité (Examens de sortie)	347
Électricité (L'). (<i>Bibl.</i>)	433
Guide pratique de l'amateur électricien, par M. E. Keignart. (<i>Bibl.</i>)	175
Guide pratique de mesures et essais industriels, par MM. J.-A. Montpellier et Aliamet. (<i>Bibl.</i>)	256
Industrie du goudron de houille (L'), par M. G.-F. Jaubert. (<i>Bibl.</i>)	175
Informations	174, 387, 440
Interrupteur électrolytique de Wehnelt et ses applications (Sur l'), par M. Hospitalier	205, 248
Leçons sur l'Électricité professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, par M. Éric Gérard. (<i>Bibl.</i>)	303
Magnétisme du fer (Le), par M. Ch. Maurain. (<i>Bibl.</i>)	431
Membres décédés	214, 310, 390
Id. titulaires (Admission de)	5, 34, 109, 178, 214, 310, 390
Ouvrages offerts (Liste des)	32, 107, 257, 307
Parafoudres sur les canalisations électriques (Les), par M. Bochet	184
Périodiques étrangers, Mémoires originaux	31, 103, 211, 258, 305, 434
Phénomène de Zeeman (Le), par M. A. Cotton. (<i>Bibl.</i>)	431
Production de l'électricité par la combustion des ordures ménagères, par M. Lauriol	468
Progrès de l'électricité. Oscillations hertziennes. Rayons cathodiques et rayons X, par M. E. Bouty. (<i>Bibl.</i>)	346
Rapport de la Commission des comptes sur l'exercice 1898, par M. A. Berthon	178
Réaction d'induit dans les machines dynamo-électriques (La), par M. R.-V. Picou	160
Récents dispositifs pour l'éclairage par arc, par M. X. Gosselin	443
Récents dispositifs pour l'éclairage par arc (Discussion sur les), par MM. Aliamet, Hegner et Eug. Sartiaux	450, 456
Recherche élémentaire des relations entre les grandeurs électriques dans les circuits parcourus par des courants alternatifs, par M. O. de Bast. (<i>Bibl.</i>)	432
Réunion ordinaire mensuelle du 4 janvier 1899	5
Id. Id. 1 ^{er} février 1899	33
Id. Id. 1 ^{er} mars 1899	109
Id. Id. 12 avril 1899	177
Id. Id. 3 mai 1899	213
Id. Id. 7 juin 1899	261
Id. Id. 5 juillet 1899	309
Id. Id. 8 novembre 1899	390
Id. Id. 6 décembre 1899	441
Situation financière de l'exercice 1898 et bilan	208
Souscription pour le monument Gaulard	35, 174
Table des matières des périodiques étrangers	489
Télégraphie sans fils (La), par M. A. Broca. (<i>Bibl.</i>)	432
Température et énergies; essai sur une équation de dimensions de la température, par M. P. Juppont. (<i>Bibl.</i>)	304

	Pages
Traité de Nomographie, par M. Maurice d'Ocagne. (<i>Bibl.</i>).....	430
Tramways électriques à accumulateurs de la ville d'Ostende, par M. J. Sarcia...	49
Transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs (Étude sur la), par M. Maurice Leblanc.....	54, 112, 316, 349
Volta (Le). Annuaire de renseignements sur l'Électricité et les industries annexes. (<i>Bibl.</i>).....	345
Voyage d'études en Suisse des Élèves de l'École supérieure d'Électricité (Second), par M. Jacques Guillaume.....	217



PARIS. -- IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
26704 Quai des Grands-Augustins, 55.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

TABLE DES MATIÈRES.

	Page
Notice.....	5
Décret d'utilité publique.....	7
Statuts.....	8
Règlement intérieur d'administration.....	11
	Décret, Convention et Actes divers..... 15
	Règlement de contrôle..... 26
Laboratoire central d'Électricité.....	Règlement intérieur..... 27
	Commission administrative..... 30
	Personnel..... 30
	Tarif des essais et étalonnements..... 31
	Organisation de l'École..... 35
	Conseil de perfectionnement..... 36
École supérieure d'Électricité.....	Souscripteurs..... 38
	Personnel..... 38
	Organisation de l'Enseignement..... 39
	Programme d'admission..... 42
	Présidents honoraires..... 45
Comité d'administration.....	Anciens Présidents..... 45
	Membres du Bureau..... 46
	Membres du Comité..... 47
Délégués généraux.....	49
Membres correspondants.....	50
Commission des Comptes.....	51
Liste générale alphabétique des Membres de la Société.....	53

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS,

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 7 DÉCEMBRE 1886.

NOTICE.

La Société internationale des Électriciens a été fondée dans le courant de l'année 1883 et définitivement constituée par l'Assemblée générale du 15 novembre de la même année. Les électriciens avaient éprouvé, dès 1881, la nécessité d'un groupement, que le Congrès libre avait réalisé un instant. Aussi, dès sa fondation, la Société réussit-elle à grouper un millier d'adhérents, électriciens de toute nationalité, savants, ingénieurs ou industriels.

Dès l'année 1884, elle commença la publication de son *Bulletin* mensuel. En 1885, elle donna une preuve manifeste de sa vitalité, en organisant la petite exposition de l'Observatoire, dont on n'a pas oublié le succès.

Mais, pour aller plus loin et donner suite au projet de création du Laboratoire d'électricité, projet qui datait de la première heure, il fallait obtenir la personnalité civile par la reconnaissance d'utilité publique. Les Statuts furent approuvés par le Conseil d'État, et le Décret de déclaration d'utilité publique fut rendu à la date du 7 décembre 1886.

La Société internationale des Électriciens eut encore, en 1889, l'initiative de la proposition de réunion du Congrès international, auquel ses membres ont pris une part considérable.

Le Laboratoire central d'électricité, qui forme l'un des plus importants services de la Société, fut alors organisé avec le concours du Ministère des Postes et Télégraphes, à l'aide des dons de toute nature offerts par les membres de la Société. Il est définitivement installé dans les bâtiments construits sur les terrains concédés rue de Staël, par la Ville de Paris; grâce à d'importantes et généreuses contributions privées et à la portion du legs Giffard spécialement affectées à l'Institution, la Société a pu donner aux constructions, au matériel et à l'outillage un développement en rapport avec l'extension des services que rend le Laboratoire, services qui sont aujourd'hui universellement appréciés. Enfin, au mois de novembre 1894, la Société a décidé d'adjoindre au Laboratoire une École d'Application, qui reçut ultérieurement le nom d'*École supérieure d'Électricité*, et est aujourd'hui en plein développement.

Séances. — La Société tient ses séances mensuelles dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, le premier mercredi de chaque mois, à 8 heures et demie du soir.

L'aménagement de la salle et la facilité de disposer à volonté de courant et de force motrice sur les tables d'expérience mêmes, permettent d'ajouter aux séances l'attrait d'expériences et de projections. Des invitations sont envoyées aux personnes étrangères à la Société, qui en font la demande pour une séance déterminée. Des cartes d'entrée sont également envoyées aux élèves des principales Écoles.

Bulletin. — Son Bulletin mensuel publie *in extenso* les Communications faites en séance, ainsi que les discussions qui les accompagnent. Il donne, en outre, un résumé des séances des Sociétés électriques étrangères, ainsi qu'une Revue des principaux travaux et des publications techniques de France et de l'étranger.

Les principaux Mémoires et les Communications les plus importantes y sont analysés en détail.

Bibliothèque. — La bibliothèque de la Société renferme un grand nombre d'Ouvrages et une importante collection de périodiques. Tous les Ouvrages offerts à la Société y prennent place, après avoir été l'objet d'un compte rendu analytique dans le *Bulletin* mensuel.

Elle est ouverte tous les jours de 2 heures à 5 heures, à tous les membres adhérents, qui peuvent y consulter sur place tous les Ouvrages qu'elle contient.

Laboratoire. — Le Laboratoire de la Société est à la disposition des savants et des industriels, dans les conditions définies par le Règlement d'administration que l'on trouvera ci-après, et du Règlement intérieur, page 22. Il offre à l'industrie des moyens de contrôle et d'essai des appareils et matières, dans des conditions de haute précision et de parfaite impartialité. Les résultats des mesures sont consignés dans des certificats signés par le Directeur du Laboratoire. Le nombre des essais demandés par les administrations publiques et par l'industrie suit une progression rapide.

En même temps, le Laboratoire met à la disposition des jeunes gens qui se destinent à l'industrie électrique, et qui possèdent déjà une instruction théorique suffisante, le moyen d'acquérir, par la pratique, la connaissance et l'usage des instruments et des machines.

École supérieure d'Électricité. — L'École supérieure d'Électricité a pour but de donner aux ingénieurs les connaissances pratiques qu'exige l'emploi si étendu de l'électricité dans l'industrie (*voir* p. 35).

Les élèves ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École et satisfait aux examens de sortie reçoivent un diplôme de fin d'études.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République française,
Sur le Rapport du Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes :
Vu la demande formée par la Société internationale des Électriciens, à l'effet d'être reconnue comme établissement d'utilité publique ;
Vu les statuts de cette Société, l'état de sa situation financière et les autres pièces produites à l'appui de sa demande ;
Vu l'avis favorable du Comité des Travaux historiques et scientifiques (Section de Sciences) ;
Vu les avis favorables du Préfet de la Seine et du Vice-Recteur de l'Académie de Paris ;
La Section de l'Intérieur, de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes du Conseil d'État entendue, .

Décérète :

ART. 1^{er}. — La Société internationale des Électriciens est reconnue comme établissement d'utilité publique.

ART. 2. — Les statuts sont approuvés tels qu'ils sont ci-annexés. Aucune modification ne pourra y être apportée sans autorisation du Gouvernement.

ART. 3. — Le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 7 décembre 1886.

Signé : JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

*Le Ministre de l'Instruction publique,
des Beaux-Arts et des Cultes,*

Signé : RENÉ GOBLET.

Pour ampliation :

Le chef de bureau au Cabinet,

Signé : ROUJON.

STATUTS.

ART. 1^{er}. — La *Société internationale des Électriciens* a pour but :

1^o De centraliser, pour leur étude et leur discussion, les renseignements et les documents concernant les progrès de l'Électricité;

2^o De favoriser la vulgarisation et le développement de l'Électricité par tous les moyens. A cet effet, elle exerce son action par des réunions, des conférences, des publications, des dons en instruments ou en argent, aux personnes travaillant à des recherches ou entreprises scientifiques qu'elle aurait provoquées ou approuvées;

3^o D'établir et d'entretenir des relations suivies et de solidarité entre les divers Membres, français ou étrangers, de la Société.

Le siège de la Société est à Paris.

ART. 2. — La Société s'interdit toute ingérence dans une entreprise industrielle ou commerciale quelconque.

ART. 3. — La Société se compose :

De *Membres titulaires*;

De *Membres fondateurs*,

De *Membres honoraires*.

Pour devenir Membre de la Société, il faut :

Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux Membres de la Société;

Être élu en séance, à la majorité des voix.

Les Sociétés et Compagnies scientifiques et industrielles peuvent, sur l'avis motivé du Comité, figurer parmi les Membres de la Société internationale des Électriciens. Elles sont alors représentées dans les actes de la Société par un délégué spécial.

Tout Membre ayant fait don à la Société d'une somme d'au moins 500^{fr} reçoit la qualité de Donateur.

Les Membres fondateurs sont ceux qui faisaient partie de la Société avant le 15 octobre 1883, et ceux qui étaient devenus donateurs avant le 15 octobre 1884.

Le titre de Membre honoraire est conféré comme un hommage et une distinction à des personnes ayant rendu à la Science, à l'Industrie ou à la Société en particulier des services éminents.

Les Membres honoraires sont nommés par l'Assemblée générale sur la proposition du Comité.

ART. 4. — Tous les Membres de la Société, sauf les Membres honoraires, payent une cotisation annuelle dont le minimum est fixé à vingt francs.

La cotisation peut être rachetée moyennant le versement d'une somme déterminée.

ART. 5. — La Société est administrée par un Comité formé du Bureau de la Société et de quarante-huit Membres, et élu par l'Assemblée générale.

Le Bureau de la Société se compose de :

Un Président;

Six Vice-Présidents;

Un Secrétaire général;

Six Secrétaires;

Un Trésorier.

Le Président préside les séances de la Société et celles du Comité; il est nommé pour une année et n'est point immédiatement rééligible.

Les Vice-Présidents et les Secrétaires sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont point immédiatement rééligibles.

Le Secrétaire général organise les séances et dirige les publications de la Société; il mandate les dépenses.

Le Trésorier opère les recettes, paye les dépenses, et a le dépôt des valeurs.

Le Secrétaire général et le Trésorier sont nommés pour deux ans; ils sont tous deux rééligibles.

Le Président et le Secrétaire général doivent être de nationalité française.

Les autres Membres du Comité sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont pas immédiatement rééligibles.

Les anciens Présidents font de droit partie du Comité.

Des Présidents d'honneur peuvent être créés en Assemblée générale sur la proposition du Comité.

ART. 6. — Le Comité veille à l'exécution des décisions de l'Assemblée générale, il a la gestion des fonds; il autorise et organise les conférences, les réunions techniques, les publications, et provoque, au besoin, la formation de Congrès scientifiques; il convoque les Membres de la Société en Assemblée générale extraordinaire, lorsqu'il le juge nécessaire.

Le Comité se réunit tous les trimestres et peut être convoqué en séance exceptionnelle, soit par le Président, soit sur la demande de dix de ses Membres.

La présence de quinze Membres du Comité est nécessaire pour assurer la validité des délibérations.

ART. 7. — Les délibérations relatives à l'acceptation des dons et legs, aux acquisitions et échanges d'immeubles sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 8. — Les délibérations relatives aux aliénations, constitutions d'hypothèques, baux à longs termes et emprunts, ne sont valables qu'après l'approbation de l'Assemblée générale.

ART. 9. — Le Trésorier représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile.

ART. 10. — Une Assemblée générale ordinaire des Membres de la Société a lieu, une fois par an, dans les conditions déterminées par le Règlement intérieur.

L'Assemblée générale est présidée par le Président ou l'un des Vice-Présidents.

Son ordre du jour est réglé par le Comité.

Elle entend le Rapport du Comité sur sa gestion; elle approuve les comptes de l'exercice clos sur le Rapport de trois Membres élus au scrutin, en dehors du Comité, et dans les formes prescrites au Règlement intérieur; elle pourvoit au renouvellement des Membres du Comité.

Tous les Membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leurs votes dans l'Assemblée générale, soit par correspondance.

ART. 11. — Les séances ordinaires de la Société ont lieu sur la convocation du Président.

Des sessions générales des Membres français et étrangers de la Société peuvent être provoquées et organisées par le Comité.

ART. 12. — Le fonds social de la Société internationale des Électriciens se compose :

- 1° Des sommes versées par les *donateurs*;
- 2° Des sommes provenant des rachats des cotisations annuelles;
- 3° Des dons et legs sans destination spéciale.

Les sommes composant le fonds social ne peuvent être employées qu'en immeubles, en rentes nominatives sur l'État français ou en obligations nominatives de chemins de fer français garantis par l'État.

Les fonds disponibles se composent :

- 1° Des intérêts de placement du fonds social, et du revenu des biens et valeurs de toute nature;
- 2° Des cotisations annuelles;
- 3° Des dons ou legs faits à la Société pour un objet immédiat et déterminé;
- 4° Des subventions qui pourraient lui être accordées;
- 5° Du produit des ressources exceptionnelles provenant des Conférences, des vérifications d'instruments, etc.

Les dons ou legs ne peuvent être acceptés par la Société qu'après autorisation du Gouvernement.

ART. 13. — Les Statuts de la Société ne peuvent être modifiés que par décision d'une Assemblée générale extraordinaire, sur une question motivée, signée par vingt-cinq Membres et préalablement soumise au Comité.

L'Assemblée générale extraordinaire, convoquée à cet effet à un mois de date, devra réunir cent Membres au moins présents ou représentés. Si l'Assemblée ne réunit pas cent Membres, une nouvelle convocation est faite à un mois de date, et le vote est alors valable, quel que soit le nombre des Membres présents ou représentés.

Les décisions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 14. — La question de dissolution ne pourra être soulevée que par une demande motivée portant la signature de cinquante Membres au moins. Cette demande sera soumise au Comité qui en fera l'objet d'un rapport à une Assemblée générale extraordinaire convoquée spécialement à cet effet.

Les résolutions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 15. — En cas de dissolution, l'actif de la Société est attribué, par délibération de l'Assemblée générale, approuvée par le Gouvernement, à un ou plusieurs établissements analogues et reconnus d'utilité publique. Les clauses stipulées par les donateurs, en prévision de ce cas, devront être respectées.

ART. 16. — Un Règlement intérieur, préparé par le Comité, adopté par l'Assemblée générale et dûment approuvé, détermine les conditions de détail propres à assurer l'exécution des présents Statuts.



RÈGLEMENT INTÉRIEUR D'ADMINISTRATION.

I. -- Cotisations.

1. La cotisation annuelle est de 20 francs (art. 4 des Statuts).
2. Elle est due par tous les membres, sauf les membres honoraires.
3. Le paiement de la première cotisation doit être effectué par chaque membre nouveau, immédiatement après son admission. La cotisation de l'année en cours est due, quelle que soit la date de l'admission.
4. Le paiement des cotisations suivantes devra être effectué du 1^{er} janvier au 30 juin.
5. Les quittances seront détachées d'un registre à souche et signées du trésorier.
6. En cas de non-paiement d'une cotisation échue et réclamée, l'envoi des publications est suspendu.
7. Tout membre en retard de deux années pour le paiement de ses cotisations sera, après un dernier avertissement, considéré comme ne faisant plus partie de la Société.
8. Toute démission donnée ne sera valable qu'après acquittement des cotisations dues; sinon la radiation sera prononcée.
9. Les membres peuvent se libérer de toute cotisation moyennant le paiement d'une somme de 250 francs, effectué soit en un versement, soit en deux de 125 francs chacun et à un intervalle de moins de douze mois.

II. — Elections.

10. Les élections pour le renouvellement du Bureau et du Comité ont lieu tous les ans, lors de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire.
11. Tous les membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leur vote, soit par correspondance.
12. Les votes par correspondance devront être parvenus au siège de la Société la veille, au plus tard, de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire. Le bulletin de vote devra être formé et accompagné d'une lettre d'envoi signée de l'expéditeur et adressée au président de la Société.
13. Les bulletins détachés des lettres d'envoi seront joints aux bulletins déposés directement par les membres présents à l'Assemblée générale. Le dépouillement aura lieu séance tenante, sous la surveillance de deux membres du Bureau. Le résultat sera proclamé immédiatement.
14. Le Comité se réunit en temps utile pour discuter les titres des candidats et fait connaître les noms qu'il propose au choix de la Société dans la réunion mensuelle qui précède l'Assemblée générale.

15. Le président, le secrétaire général et le trésorier ne peuvent être pris que parmi les membres nationaux ayant leur résidence à Paris.

III. — Assemblées générales.

16. L'Assemblée générale ordinaire a lieu tous les ans, au mois de mars ou d'avril.

17. L'Assemblée générale procède à l'élection des membres du Bureau, du Comité et de la Commission des comptes. Le Président est nommé une année à l'avance; il prend part aux travaux du Bureau en fonction.

Elle entend le Rapport fait, au nom du Comité, sur la gestion de l'année;

Elle entend le Rapport de la Commission des comptes et approuve les comptes de l'année;

Elle vote sur les questions d'intérêt général ou de règlement intérieur portées à son ordre du jour.

18. Les décisions sont prises à la majorité relative; en cas de partage des voix, la voix du président est prépondérante.

19. L'ordre du jour de l'Assemblée générale est arrêté par le Comité. Aucune question en dehors de cet ordre du jour ne peut être introduite devant l'Assemblée générale.

20. Les membres de la Société qui désireraient faire porter une proposition à l'ordre du jour de l'Assemblée générale doivent en envoyer le texte, avant le 1^{er} mars, au président, qui en donne communication au Comité.

21. Les Rapports du Comité d'administration, de la Commission des comptes, ainsi que l'ordre du jour de l'Assemblée générale arrêté par le Comité, sont déposés au secrétariat dix jours au moins avant la réunion de l'Assemblée générale, à la disposition de tous les membres qui désireraient en prendre connaissance.

22. Une Assemblée générale extraordinaire peut être convoquée par le Comité toutes les fois qu'il le juge nécessaire.

L'Assemblée générale extraordinaire est convoquée dans la même forme et délibère sous les mêmes conditions que l'Assemblée générale ordinaire, conditions réglées par les articles 10 et 13 des Statuts et l'article 19 du présent Règlement.

IV. — Comité.

23. Les attributions du Comité sont réglées par l'article 6 des Statuts.

24. Les procès-verbaux des séances du Comité sont transcrits sur un registre spécial folioté. Après son adoption, chaque procès-verbal est revêtu de la signature du président et du secrétaire-rédacteur.

25. L'ordre du jour des séances du Comité est indiqué dans les lettres de convocation.

V. — Bureau.

26. Le président préside toutes les réunions de la Société et du Comité.

Il est président de droit de toutes les Commissions.

27. Le secrétaire général organise les séances de la Société, prépare les travaux du Comité, dirige les publications. Les dépenses sont mandatées par lui. Il a sous ses ordres, par délégation du président, les agents rétribués de la Société.

28. Le Trésorier est l'agent délégué du Comité d'administration pour la gestion financière.

Il effectue les recettes et dépenses, les mouvements de fonds, achats et ventes de titres et représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile, le tout en se conformant aux décisions prises par le Comité.

Lorsqu'il est, pour une cause quelconque, empêché de remplir ses fonctions, le Comité désigne un Trésorier suppléant qui est chargé du service jusqu'à la réunion de l'Assemblée générale ordinaire.

29. Le Comité nomme un secrétaire pris hors de son sein et appointé.

Le secrétaire du Comité rédige les procès-verbaux de l'Assemblée générale, des réunions mensuelles du Comité et des Commissions et veille à la transcription, sur les registres spéciaux, des procès-verbaux approuvés.

Il a la garde des archives et de la bibliothèque.

Il surveille les impressions, l'envoi des convocations, la distribution des bulletins.

Il prête son concours au trésorier pour la perception des cotisations et le payement des factures, des loyers et des traitements.

VI. — Réunions ordinaires.

30. Les réunions ordinaires ont lieu le premier mercredi de chaque mois, les mois d'août, de septembre et d'octobre exceptés.

Elles sont principalement consacrées aux Communications relatives à l'Électricité, présentées soit par des membres de la Société, soit par des personnes étrangères autorisées.

L'ordre du jour de la séance est réglé par le Bureau.

31. Il y est voté à mains levées sur l'admission des membres nouveaux.

32. Le président y rend compte des travaux et des décisions du Comité, et, en général, de toutes les questions pouvant intéresser la Société.

33. Tout membre désirant faire une proposition doit en remettre le texte par écrit au président, autant que possible avant la séance.

Si, de l'avis du Bureau, la motion est de nature à engager la responsabilité morale ou financière de la Société, elle est renvoyée de droit au Comité sans qu'elle puisse donner lieu à une discussion dans la réunion.

VII. — Bulletin.

34. Un Bulletin, mensuel, rend compte des travaux de la Société et donne un résumé des Communications faites en séance.

Le Bureau prononce sur l'admission de ces résumés et sur l'étendue qui peut leur être accordée.

35. Le Bulletin est envoyé gratuitement à tous les membres.

36. Des abonnements peuvent être consentis à un prix fixé par le Comité.

37. Les échanges de publications doivent être autorisés par le Comité.

VIII. — Laboratoire central d'Électricité.

38. Le Laboratoire central d'Électricité a pour objet de :

- 1° Réunir et conserver une série d'étalons de toutes les grandeurs électriques;
- 2° Former une bibliothèque aussi complète que possible des ouvrages français et étrangers traitant d'Électricité;
- 3° Étalonner des appareils de mesure appartenant à des tiers;

4° Déterminer les constantes d'appareils électriques industriels : piles, accumulateurs, dynamos, brûleurs, etc.;

5° Étudier des appareils nouveaux ou des méthodes nouvelles ayant trait à l'Électricité;

6° Faciliter des études et des recherches personnelles sur le même sujet.

39. Le Laboratoire est administré, conformément aux traités passés avec l'État et la Ville de Paris, par une Commission composée du Bureau, des anciens présidents de la Société, du président du Syndicat des industries électriques et d'un Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris. Cette Commission se réunit périodiquement au Laboratoire et au moins quatre fois par an.

40. Un électricien est chargé de la direction du Laboratoire; il lui est adjoint le personnel reconnu nécessaire. Le directeur assiste, avec voix consultative, aux séances de la Commission administrative.

41. Les travaux effectués au Laboratoire pour des tiers donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif des redevances est arrêté par la Commission.

Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration du Laboratoire.

42. Le directeur soumet à l'approbation de la Commission les projets d'études ou d'expériences à entreprendre en dehors des travaux visés à l'article précédent.

43. Le Laboratoire est ouvert, après autorisation de la Commission, aux personnes qui désirent effectuer elles-mêmes des recherches concernant l'Électricité ou le Magnétisme. En cas d'admission au Laboratoire, l'intéressé versera mensuellement une redevance fixe, et il remboursera à la Société tous les frais entraînés par ses recherches.

44. Des élèves sont admis au Laboratoire pour un temps déterminé, en vue de s'exercer au maniement des appareils électriques.

Le nombre des élèves, les conditions de leur admission et la durée de leur séjour seront fixés par la Commission.

45. La bibliothèque est confiée au directeur du Laboratoire. Les livres doivent être consultés sur place et ne peuvent, en aucun cas, sortir du Laboratoire.

46. Les ressources du Laboratoire se composent :

1° De la rente provenant du reliquat de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881;

2° Des dons qui sont faits à la Société avec affectation spéciale au Laboratoire;

3° Des recettes qu'il effectue;

4° Du crédit ouvert chaque année par la Société.

47. La Commission présente chaque année au Comité d'administration de la Société un compte rendu des travaux et des finances du Laboratoire avec un inventaire du matériel.

48. Toutes les conditions d'ordre intérieur du Laboratoire, arrêtées par la Commission, seront publiées au *Bulletin* de la Société, affichées au siège social et au Laboratoire, et communiquées à toutes les personnes qui en feront la demande.

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

I. — DÉCRET, CONVENTION ET ACTES DIVERS RELATIFS AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République,

Vu le Décret du 24 février 1882, instituant à Paris un Laboratoire central d'Électricité sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes;

Vu les Décrets des 12 juillet et 17 août 1886 réglant l'emploi des fonds affectés à l'installation et à l'entretien de cet établissement;

Vu la Convention conclue pour l'organisation et l'entretien dudit Laboratoire avec la Société internationale des Électriciens reconnue d'utilité publique par le Décret du 7 décembre 1886;

Vu la lettre en date du 13 février 1891 par laquelle le Ministre des Finances adhère à cette Convention;

Sur la proposition du Ministre du Commerce et de l'Industrie,

DÉCRÈTE :

ART. 1. — Est approuvée la Convention susvisée dont un exemplaire restera annexé au présent Décret et qui fixe les conditions d'organisation et d'entretien du Laboratoire central d'Électricité institué à Paris par Décret du 23 février 1882.

ART. 2. — Les arrérages de la rente de 10933^{fr}, inscrite au bénéfice du Laboratoire central d'Électricité, en vertu du Décret du 17 août 1886, seront versés directement par la Caisse des Dépôts et Consignations à titre de subvention, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, après déduction des prélèvements à opérer par application de l'article 8 de la Convention et sur le vu d'un certificat du Directeur général des Postes et des Télégraphes, ou de son représentant, constatant que ladite Société a rempli ses engagements en ce qui concerne le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ART. 3. — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens ferait agréer un nouvel emplacement propre à l'installation du Laboratoire

et dont la jouissance lui serait garantie pour une durée suffisante, le Ministre du Commerce et de l'Industrie pourrait, de concert avec le Ministre des Finances, autoriser l'aliénation d'une partie de la rente mentionnée à l'article précédent, jusqu'à concurrence d'un capital de 100000^{fr} au plus et faire verser ce capital à la Société, soit en totalité, soit par fractions, au fur et à mesure des besoins, pour être employé à la réinstallation du Laboratoire. La subvention annuelle de 10933^{fr} serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ART. 4. — L'inventaire du matériel et des instruments laissés à la disposition de la Société, en vertu de l'article 6 de la Convention, sera soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministères.

ART. 5. — Le Ministre du Commerce et de l'Industrie est chargé de l'exécution du présent Décret.

Fait à Paris, le 15 mars 1892.

CARNOI.

Par le Président de la République :

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

JULES ROCHE.

CONVENTION.

Entre le Directeur général des Postes et des Télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre du Commerce, de l'Industrie et Colonies, d'une part ;

Et le Président de la Société internationale des Électriciens, agissant au nom de cette Société, reconnue d'utilité publique par Décret du 7 décembre 1886, sous réserve de l'approbation du Comité d'Administration, d'autre part ;

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE 1.

L'État accepte l'offre faite par la Société internationale des Électriciens d'organiser et d'entretenir le Laboratoire central d'Électricité qui a été institué à Paris, sous la haute direction du Ministre chargé du Service des Postes et des Télégraphes, par décret du 24 février 1882.

La Société se conformera pour l'organisation et l'entretien de cet établissement aux dispositions ci-après :

ARTICLE 2.

Règlement et tarifs. — Le règlement du Laboratoire et toutes les modifications qui y seraient apportées seront soumis avant exécution à l'approbation du Ministre.

Le tarif applicable aux services rendus au public ou aux essais faits pour

le compte des industriels est le même pour tous sans distinction ni préférence. Toutefois des réductions peuvent être consenties en faveur des divers services publics ou municipaux et des établissements ou institutions scientifiques, reconnus d'utilité publique.

Le mode de contrôle des opérations du Laboratoire est fixé par arrêté ministériel, le Comité d'Administration de la Société entendu.

ARTICLE 3.

Local et installation. — Le local affecté à l'établissement du Laboratoire est, par les soins et aux frais de la Société internationale des Électriciens, fourni ou loué, aménagé et pourvu de tous instruments nécessaires pour le fonctionnement du service.

En cas de déplacement du Laboratoire, le nouveau local choisi par la Société doit être agréé par le Ministre.

ARTICLE 4.

Désignation du chef du Laboratoire. — Le chef du Laboratoire est choisi par le Ministre pour une période de cinq ans, après entente avec la Société internationale des Électriciens. Il doit être de nationalité française.

ARTICLE 5.

Subvention. — L'État concède à la Société, à titre de subvention et pour être exclusivement affectés au fonctionnement et à l'entretien du Laboratoire central d'Électricité, les arrérages, montant annuellement à dix mille neuf cent trente-trois francs, de l'inscription de rente 3 pour 100 acquise le 30 septembre 1886, en vertu du décret du 17 août précédent, avec le reliquat du capital provenant de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881 et cédé par la Société de garantie.

Cette subvention sera versée directement par la Caisse des Dépôts et Consignations, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, sur le vu d'un certificat du Directeur général ou de son représentant, constatant qu'elle a rempli ses engagements concernant le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ARTICLE 6.

Cession d'instruments. — La Société conserve, pour le service du Laboratoire, l'usage des objets de toute nature (mobilier, instruments, etc.), dont dispose déjà cet établissement, soit qu'ils lui aient été confiés par l'Administration à titre de prêt, soit qu'ils aient été achetés avec la somme de trente mille francs que le décret du 12 juillet 1886 a autorisé à prélever sur les bénéfices de l'Exposition de 1881, ou avec les crédits inscrits au budget de la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Un inventaire de ces objets sera régulièrement établi par le chef du La-

S.

boratoire, de concert avec un agent de l'Administration des Postes et des Télégraphes. Il sera révisé annuellement et soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministres.

ARTICLE 7.

Produits du Laboratoire. — Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration de l'Établissement.

ARTICLE 8.

Payement des dépenses. — En échange des avantages que lui assurent les articles précédents, la Société internationale des Électriciens s'engage à pourvoir directement à toutes les dépenses (administration, personnel et entretien) du Laboratoire.

Dans le cas où le chef du Laboratoire serait un agent de l'Administration, son traitement serait prélevé, jusqu'à concurrence de quatre mille francs au plus, sur la subvention mentionnée à l'art. 5.

ARTICLE 9.

Budget et dispositions particulières. — Le budget du Laboratoire est soumis chaque année au Directeur général des Postes et des Télégraphes avant l'ouverture de l'exercice financier.

Un compte rendu des recettes et des dépenses et un relevé statistique des opérations du Laboratoire sont présentés au mois d'avril de chaque année pour l'année précédente.

Les publications ou rapports imprimés concernant le Laboratoire sont remis gratuitement en deux exemplaires à la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Le Directeur général a la faculté, à toute époque, lorsqu'il le juge convenable, de détacher au Laboratoire, pour compléter leur instruction ou faire des essais, des ingénieurs ou des élèves de ce service qui peuvent suivre les opérations du Laboratoire ou y prendre part sans avoir à payer aucune rétribution.

ARTICLE 10.

Déplacement éventuel du Laboratoire. — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens obtiendrait de la Ville de Paris ou de tout autre la concession, pour une durée suffisante, d'un terrain ou d'un local propre à l'établissement du Laboratoire central d'Électricité, et agréé par le Ministre, une partie de la rente sur l'État mentionnée à l'art. 5 pourrait être, avec l'autorisation du Ministre, aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de cent mille francs, et ce capital pourrait être employé, soit en totalité, soit par fractions, et successivement, au fur et à mesure des besoins, avec l'autorisation du Ministre, à la réinstallation du Laboratoire et au paye-

ment des constructions à élever ou des travaux d'appropriation à exécuter sur le terrain ou dans le local cédé. La subvention annuelle serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ARTICLE 11.

Cas de résiliation. — Si la Société internationale des Électriciens venait à se dissoudre ou si elle renonçait à la présente Convention, ou encore si elle cessait d'en remplir les conditions, elle serait tenue de rembourser à l'État les sommes qu'elle aurait été autorisée, par application de l'art. 10, à prélever en capital sur le produit net de l'Exposition, déduction faite de 5 pour 100 pour chacune des années écoulées à dater du paiement effectif des différentes parties du capital.

Dans les cas prévus au précédent paragraphe, la présente Convention serait résiliée de plein droit, la subvention cesserait d'être payée et l'État reprendrait le matériel et les instruments dont il a été question à l'art. 6 et tous ceux qui auraient été achetés postérieurement avec ses propres ressources.

ARTICLE 12.

La présente Convention ne sera valable et définitive que lorsqu'elle aura été approuvée par décret du Président de la République.

Fait double à Paris, le 18 novembre 1891.

*Le Directeur général
des Postes et des Télégraphes,*

J. DE SELVES.

*Le Président de la Société internationale
des Électriciens,*

J. JOUBERT.

Approuvé :

Paris, le 15 mars 1892.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

J. ROCHE.

**Délibération du Conseil municipal de la Ville de Paris,
en date du 5 mai 1890.**

Le Conseil,

**Vu le Mémoire transmis à la septième Commission, le 27 octobre 1886,
par M. le Préfet de la Seine;**

Vu la nouvelle pétition adressée au Conseil municipal, le 10 mars 1888,

par M. Mascart, membre de l'Institut, président de la Société internationale des Électriciens, et transmise à la deuxième Commission ;

Vu la lettre de M. le Ministre des Postes et des Télégraphes ;

Vu le plan de terrain et l'organisation projetée du Laboratoire d'Électricité ;

Délibère :

ART. 1. — Il y a lieu de concéder à la Société internationale des Électriciens, pour la construction d'un Laboratoire, un terrain dépendant de l'ancien collège Rollin, sis rue Lhomond et d'une contenance de 2715^{m²}.

Ladite concession aura une durée de soixante années et sera assujettie aux clauses et conditions stipulées ci-après.

ART. 2. — La Société internationale des Électriciens payera une redevance annuelle de 1^{er} comme reconnaissance des droits de la Ville.

ART. 3. — La Société devra soumettre à l'Administration municipale les plans et devis des constructions à élever, et exécuter toutes les modifications qui lui seraient prescrites par cette Administration dans l'intérêt général.

Ladite Société devra éviter, dans les expériences poursuivies, l'emploi de moteurs bruyants de nature à incommoder les maisons voisines. Elle fera son affaire personnelle de toutes les difficultés et constatations que pourrait soulever l'installation du Laboratoire.

ART. 4. — A l'expiration des soixante années, toutes les constructions, ainsi que les aménagements intérieurs ayant le caractère d'immeubles par destination, deviendront, sans indemnité, la propriété de la Ville de Paris.

Il en serait de même si, avant la fin de la concession, la Société renonçait, pour un motif quelconque, à l'entretien du Laboratoire ; elle devrait, en outre, dans ce cas, prévenir la Ville de Paris deux ans à l'avance.

ART. 5. — Les essais et les étalonnements demandés par la ville de Paris pour son service seront faits gratuitement par le Laboratoire.

ART. 6. — La Société réservera gratuitement deux bourses à la Ville de Paris en faveur d'élèves électriciens désignés par elle pour se livrer à des études pratiques dans les conditions du règlement du Laboratoire.

ART. 7. — Un délégué du Conseil municipal fera partie du Comité de direction du Laboratoire.

ART. 8. — M. le Préfet de la Seine est autorisé à traiter aux conditions ci-dessus avec la Société internationale des Électriciens.

**Délibération du Conseil municipal de la Ville de Paris,
en date du 13 avril 1892.**

Échange avec la Société internationale des Électriciens d'un terrain dépendant du collège Rollin contre un immeuble communal, rue de Staël (M. Lampué, rapporteur).

Le Conseil,

Vu le Mémoire en date du 11 avril 1892, par lequel M. le Préfet de la Seine lui soumet une demande de M. Joubert, Président de la Société internationale des Électriciens, tendant à obtenir l'autorisation d'échanger le terrain de 2715^m compris dans les dépendances de l'ancien collège Rollin, et concédé à ladite Société, contre un immeuble communal situé rue de Staël, d'une contenance de 1500^m environ;

Vu la délibération du Conseil municipal, en date du 4 avril 1890, accordant à la Société internationale des Électriciens la concession précitée;

Vu la demande du 2 avril 1892, présentée par M. Joubert, Président de ladite Société,

Délibère :

ART. 1. — Est acceptée la demande de la Société internationale des Électriciens tendant à obtenir l'autorisation d'échanger le terrain de 2715^m compris dans les dépendances de l'ancien collège Rollin, qui lui a été concédé pour la construction d'un Laboratoire, contre un terrain communal de 1500^m environ, situé rue de Staël (XV^e arrondissement).

ART. 2. — La Société internationale des Électriciens entrera en possession immédiate du terrain de la rue de Staël, qui lui est concédé pour une durée de soixante années, aux clauses et conditions contenues dans la délibération du 4 avril 1890, autorisant la concession à ladite Société du terrain dépendant de l'ancien collège Rollin.

ART. 3. — Il demeure entendu que les accroissements immobiliers pouvant être opérés par la Société internationale des Électriciens pour la régularisation du périmètre de la propriété communale feront retour à la Ville de Paris, sans indemnité, lors de l'expiration de la concession, en même temps que les constructions et les aménagements intérieurs mentionnés dans l'article 4 de la délibération du 4 avril 1890.

ART. 4. — L'Administration est invitée à présenter au Conseil municipal

un plan de lotissement des terrains dépendant de l'ancien collège Rollin, et qui demeureront libres après la translation de l'École Estienne.

(*Bulletin municipal officiel de la Ville de Paris*, n° 105; 17 avril 1892.)

Acte de réalisation.

L'an mil huit cent quatre-vingt-quatorze;

Le quatorze mars;

Par devant nous, Eugène-René Poubelle, Préfet du département de la Seine, Commandeur de la Légion d'honneur, Officier de l'Instruction publique, décoré de la Médaille militaire,

Agissant au nom de la Ville de Paris, en exécution de deux délibérations du Conseil municipal de ladite Ville, en date des 13 avril 1892 et 12 décembre suivant, et de deux arrêtés approubatifs de ces délibérations pris en Conseil de Préfecture les 23 mai 1892 et 26 janvier 1893.

A comparu

M. Jules Carpentier, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, Président sortant de la Société internationale des Électriciens, reconnue d'utilité publique, dont le siège est à Paris, rue de Rennes, 44;

Agissant au nom de ladite Société et comme spécialement autorisé à cet effet par délibération du Conseil d'Administration en date du 15 juin 1892;

Lequel, préalablement à la concession, objet des présentes, a exposé ce qui suit :

EXPOSÉ.

Par une délibération du 4 avril 1890, le Conseil municipal avait autorisé la concession pour une durée de soixante années, à la Société internationale des Électriciens pour y construire un Laboratoire, d'un terrain dépendant de l'ancien Collège Rollin, contenant en superficie 2 715^m et dont la remise ne devait être faite qu'après l'évacuation des localités occupées par l'École Estienne.

En échange des avantages qui lui étaient accordés, la Société internationale des Électriciens s'engageait notamment à :

1° Payer une redevance annuelle de un franc comme reconnaissance des droits de propriété de la Ville de Paris;

2° Abandonner à ladite Ville sans indemnité, à l'expiration de la concession ou avant cette époque si elle renonçait à l'entretien du Laboratoire, toutes les constructions édifiées sur l'emplacement concédé ainsi que les aménagements intérieurs ayant le caractère d'immeuble par destination.

3° Faire gratuitement les essais et étalonnements demandés par la Ville pour son service;

4° Mettre gratuitement deux bourses à la disposition de la Ville de Paris, en faveur d'élèves électriciens désignés par elle pour se livrer à des études pratiques dans les conditions du règlement du Laboratoire.

5° Admettre un délégué du Conseil municipal pour faire partie du Comité de Direction de ce Laboratoire.

Cette délibération n'étant susceptible d'être mise à exécution qu'après l'évacuation des locaux occupés par l'École Estienne, la concession accordée par le Conseil municipal n'avait pas encore pu être réalisée lorsque, par une lettre du 2 avril 1892, la Société internationale des Électriciens exposa que le développement croissant des travaux du Laboratoire l'obligeait à sortir de l'état provisoire où elle était restée jusque-là. En conséquence, elle demandait à l'Administration municipale l'autorisation d'échanger, pour la même période et aux mêmes conditions, l'immeuble primitivement concédé contre un terrain nu appartenant aussi à la Ville de Paris et situé rue de Staël, derrière le Lycée Buffon.

Cette proposition a été acceptée par la délibération du Conseil municipal du 13 avril 1892.

Mais, par une nouvelle lettre du 22 octobre 1892, la Société des Électriciens appela l'attention de l'Administration sur l'intérêt que présentait, pour ladite Société, l'échange d'une partie du terrain ainsi mis à sa disposition, rue de Staël, contre une surface égale de la propriété contiguë appartenant à M. Pannier. Au moyen de cet échange, la forme du terrain communal devait se trouver régularisée et permettre l'édification d'une importante construction en façade sur deux rues. Toutefois, comme le terrain à céder par M. Pannier en bordure de la rue Nouvelle ne représentait pas une valeur égale à celle du terrain communal et que, néanmoins, M. Pannier entendait que l'échange eût lieu sans soulte ni retour, la Société internationale des Électriciens, en vue de faciliter l'opération, offrait de verser à la Ville de Paris une somme de 5 000^{fr} payable en cinq annuités de 1 000^{fr} chacune, dont la première exigible dans cinq ans seulement et sans intérêts.

Cette proposition a été acceptée par le Conseil municipal, suivant délibération du 12 décembre 1892 qui a été approuvée par arrêté préfectoral du 26 janvier 1893.

L'échange avec M. Pannier a été réalisé suivant contrat passé devant M^e Delorme, notaire, les 24 octobre et 7 novembre 1893, enregistré.

Par suite, il ne reste plus qu'à réaliser les conventions projetées avec la Société internationale des Électriciens, ce qui a été fait de la manière et ainsi qu'il suit :

ART. 1^{er}. — La concession consentie par délibération du Conseil municipal de Paris du 4 mai 1890, à la Société internationale des Électriciens, en vue de la construction d'un Laboratoire, pour une durée de soixante

années et aux clauses et conditions stipulées, dans ladite délibération, d'un terrain communal dépendant de l'ancien Collège Rollin, rue Lhomond, et d'une contenance superficielle de 2715^m, est et demeure annulée.

ART. 2. — M. le Préfet de la Seine, au nom de la Ville de Paris, concède, par ces présentes, à la Société internationale des Électriciens dont le siège est à Paris, rue de Rennes, 44, ce qui est accepté pour ladite Société par M. Jules Carpentier, son Président sortant :

Un terrain communal sis rue de Staël et rue Nouvelle (actuellement rue Ernest-Renan), XV^e arrondissement ; ledit terrain d'une surface de 1475^m environ tient : par devant sur une longueur de 60^m à la rue de Staël, d'un côté, à droite la Ville de Paris et à la propriété de M. Fouquiau, acquéreur de M. Pannier ; d'autre côté, à gauche, à M. Pannier, et, par derrière, à la rue Nouvelle sur une façade de 56^m, 97.

Ainsi, au surplus, que ledit terrain s'étend, poursuit et comporte et tel qu'il est figuré et teinté en violet sur un plan dressé à la Préfecture de la Seine ; lequel plan sera timbré et enregistré en même temps que les présentes et demeurera ci-annexé, après avoir été certifié véritable par les parties qui, dessus, ont fait mention de cet annexe.

ART. 3. — La présente concession est faite pour une durée de soixante années entières et consécutives, qui commenceront à courir le 4 juin 1892 et prendront fin le 3 juin 1952.

ART. 4. — Pendant toute la durée de ladite concession, la Société internationale des Électriciens payera à la Caisse municipale une redevance annuelle de 1^{fr}, comme reconnaissance des droits de propriété de la Ville de Paris.

En outre, elle s'oblige à verser à ladite Ville une somme de 5000^{fr} payable en cinq annuités de 1000^{fr} chacune, sans aucun intérêt. La première annuité sera exigible seulement à l'expiration des cinq ans qui suivront la date de la délibération du Conseil municipal qui a accepté l'offre de la Société internationale des Électriciens, c'est-à-dire le 12 décembre 1897, la seconde le 12 décembre 1898, et ainsi de suite d'année en année jusqu'au 12 décembre 1901.

ART. 5. — La Société s'oblige à maintenir sur ce terrain le Laboratoire central d'Électricité qu'elle y a fait édifier. Elle soumettra à l'Administration municipale les plans et devis des changements aux constructions existantes ou des constructions nouvelles, et elle exécutera à ses frais toutes les modifications qui lui seraient prescrites par l'Administration dans l'intérêt général.

Ladite Société devra éviter, dans les expériences poursuivies, d'incommoder les habitants des maisons voisines. Elle fera son affaire personnelle des difficultés et contestations que pourrait soulever l'installation du Laboratoire.

ART. 6. — A l'expiration des soixante années fixées pour la durée de la concession, les accroissements immobiliers pouvant être opérés par la Société pour la régularisation et l'agrandissement du périmètre de la propriété communale, ensemble toutes les constructions édifiées sur le terrain sus-désigné, ainsi que les aménagements intérieurs ayant le caractère d'immeubles par destination, deviendront, *ipso facto*, sans indemnité, la propriété de la Ville de Paris.

Il en sera de même si, avant la fin de la concession, la Société renonce, pour un motif quelconque, à l'entretien du Laboratoire ; elle s'engage, en outre, dans ce cas, à prévenir la Ville deux ans à l'avance.

ART. 7. — La Société devra faire assurer contre l'incendie, par une ou plusieurs Compagnies agréées par l'Administration, l'immeuble et ses dépendances. Elle devra justifier de la présente clause en communiquant, à toute réquisition, les quittances de la Compagnie.

L'assurance devra porter non seulement sur les incendies ordinaires, mais encore sur tous autres genres de risques, avec ou sans incendie, notamment les dégâts à provenir des atteintes de la foudre ou de l'explosion soit du gaz, soit de toute autre matière inflammable.

ART. 8. — Les essais et les étalonnements demandés par la Ville de Paris, pour son service, seront faits gratuitement par le Laboratoire.

ART. 9. — La Société réservera, gratuitement, deux bourses à la Ville de Paris, en faveur d'élèves électriciens désignés par elle pour se livrer à des études pratiques dans les conditions du règlement du Laboratoire.

ART. 10. — Un délégué du Conseil municipal fera partie du Comité de direction du Laboratoire.

ART. 11. — Indépendamment des conditions particulières précitées, la Société s'oblige à entretenir en bon état les bâtiments qu'elle aura établis ; elle les fera reconstruire s'ils venaient à être détruits ou si la solidité en était compromise par une cause quelconque.

ART. 12. — La Société ne pourra céder, sous aucun prétexte, tout ou partie des droits qui résultent pour elle du présent acte, ni changer la destination de l'immeuble concédé.

ART. 13. — En cas d'inexécution, par la Société, des clauses et conditions de la présente concession et quinze jours après une mise en demeure restée infructueuse, la résiliation sera encourue et déclarée par un arrêté préfectoral. Les constructions, aménagements intérieurs et accroissements immobiliers indiqués à l'art. 6, demeureront, *ipso facto*, sans indemnité, la propriété de la Ville.

ART. 14. — La Société internationale des Électriciens payera tous les frais auxquels le présent acte donnera ouverture et supportera les impôts de toutes sortes (y compris la taxe de main-morte et celle du balayage) éta-

blis ou à établir, afférents à la propriété du sol ou à celles des constructions.

Dont acte.

Fait et passé à Paris, à la Préfecture de la Seine,

Les jour, mois et an susdits;

Et a, le comparant signé avec nous, Préfet de la Seine, après lecture.

Signé : POUBELLE.

Signé : J. CARPENTIER.

« Enregistré à Paris, bureau des Actes administratifs, le dix-neuf
» mars 1894, folio 89, c. 9. Reçu huit francs 15^{cs}, décimes compris, pour
» trois ans.

» *Signé : GOUMAUX.* »

Pour copie conforme :

Pour le Secrétaire général,

Le Conseiller de Préfecture délégué,

(Illisible).

II. — RÈGLEMENT DE CONTROLE.

ARTICLE 1^{er}.

Le contrôle des opérations du Laboratoire est effectué par les fonctionnaires désignés par le Directeur général des Postes et des Télégraphes. Il s'exerce sur place et au siège de la Société internationale des Électriciens, sur le vu des registres et pièces de recettes et de dépenses.

ARTICLE 2.

Les livres-journaux et les relevés mensuels sont arrêtés par semestre. Il en est fait un extrait qui est remis à l'Administration des Postes et Télégraphes ou à son délégué.

ARTICLE 3.

Les délégués de l'Administration ont pour mission de donner leur avis sur le budget et les projets soumis à l'approbation du Ministre et du Directeur général des Postes et Télégraphes, de veiller à la stricte application des tarifs et des décisions concernant les dépenses, de s'assurer que tous les produits du Laboratoire sont affectés à l'entretien et à l'amélioration des services de l'établissement, et que toutes les prescriptions de la Convention conclue entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie et la Société internationale des Électriciens et du Règlement intérieur du Laboratoire sont observées.

En cas d'infraction, ils en rendent compte au Directeur général des Postes et Télégraphes.

Ils peuvent en tous temps vérifier la régularité des recettes et des dépenses, et pénétrer dans le Laboratoire, pour examiner la nature des travaux exécutés ou en cours d'exécution.

Ils peuvent provoquer, dans le Règlement intérieur et dans la comptabilité, les modifications et additions qu'ils auraient reconnues nécessaires.

Ces fonctionnaires ne communiquent qu'avec la Commission administrative ou le Directeur et n'ont aucune autorité sur le personnel du Laboratoire.

Ils adressent leurs Rapports au Directeur général des Postes et Télégraphes et établissent trimestriellement les certificats exigés pour les paiements de la subvention de l'État.

III. — RÈGLEMENT INTÉRIEUR.

Administration.

ART. 1. — Le Laboratoire central d'électricité est administré par une Commission composée du Bureau de la Société internationale des Électriciens, des anciens présidents de cette Société, du Président du Syndicat des industries électriques et d'un délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

La Commission administrative nomme chaque année, à la première séance annuelle, un Président pris dans son sein et un Secrétaire pris parmi les Membres de la Société.

Ses séances sont présidées par le Président de la Société, lorsqu'il est présent.

La Commission est convoquée par son Président qui dresse l'ordre du jour et agit, soit de sa propre initiative, soit sur l'invitation du Président de la Société.

Les procès-verbaux des séances sont copiés sur un registre et signés par le Président et le Secrétaire.

Direction.

ART. 2. — Le Directeur a sous ses ordres tout le personnel attaché au Laboratoire. Il exécute sous sa responsabilité toutes les décisions prises par la Commission administrative.

Il présente, à chaque réunion de la Commission, un rapport sur les travaux effectués depuis la séance précédente et sur l'état des expériences, essais et recherches en cours d'exécution.

Chaque année, dans le courant de novembre, il soumet à la Commission le résultat des opérations de l'exercice en cours et un projet de budget pour l'exercice suivant.

Personnel.

ART. 3. — Les chefs de travaux, préparateurs et agents, sont nommés par la Commission sur la proposition du Directeur.

La Commission fixe les indemnités ou traitements alloués à chacun d'eux et détermine leurs attributions.

Comptabilité.

ART. 4. — La comptabilité est tenue au Siège social, sur les pièces de journal et de caisse fournies par le Directeur.

Les livres employés doivent permettre de se rendre facilement compte si toutes les sommes affectées au service du Laboratoire reçoivent bien leurs destinations.

Le Directeur ne peut engager aucune dépense supérieure à 200^{fr} sans l'autorisation de la Commission.

Le paiement des dépenses du Laboratoire est fait à la caisse de la Société sur le vu d'un mémoire certifié par le fournisseur, visé par le Directeur et signé par le Président de la Commission. Les menues dépenses sont payées par le Directeur et réglées tous les mois à la Caisse de la Société.

Les recettes de toutes natures du Laboratoire sont versées à la Caisse de la Société tous les mois, dans les cinq premiers jours et, dans tous les cas, dès que le total des sommes perçues atteint 1000^{fr}. Le versement est appuyé d'un relevé de recettes, jour par jour.

Ouverture et fermeture du Laboratoire.

ART. 5. — Le Laboratoire est ouvert tous les jours de 9^h du matin à 6^h du soir. Il est fermé les dimanches et jours fériés.

Bibliothèque.

ART. 6. — Les Ouvrages composant la bibliothèque du Laboratoire peuvent être consultés, sur place, par les Membres de la Société internationale des Électriciens et par les personnes ayant reçu une autorisation spéciale du Président de la Commission administrative.

Ces Ouvrages, placés sous la haute surveillance du Directeur, ne pourront, en aucun cas, sortir du Laboratoire.

Redevances.

ART. 7. — Les travaux effectués au Laboratoire pour le compte des tiers, ou par des tiers, donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif de ces redevances sera arrêté par la Commission, affiché à l'entrée du Laboratoire et publié dans le Bulletin de la Société.

Le montant des taxes, applicable à chaque travail, est exigible d'avance.

Travaux effectués pour le compte des tiers.

ART. 8. — Dès qu'un appareil ou un objet à expérimenter ou à étalonner est apporté au Laboratoire, il est inscrit sur un registre avec numéro d'ordre.

L'essai est fait dans le délai le plus court possible; ses résultats sont attestés par un certificat portant le timbre à dates du Laboratoire et signé par le Directeur. Il est conservé une copie du certificat sur un registre spécial.

Dans le cas où un travail spécial non prévu au tarif serait demandé, le Directeur ferait savoir à l'intéressé si le travail est possible et ce qu'il coûterait approximativement. Le dit travail serait alors effectué après versement de la somme indiquée et le règlement définitif n'aurait lieu qu'après exécution.

Aucune communication verbale ou écrite des résultats d'un essai ou d'une expérience ne peut être faite à d'autres personnes que l'intéressé, à moins d'autorisation écrite de sa part.

En aucun cas, le Laboratoire n'est responsable des accidents survenus, dans le cours des expériences, aux appareils qui lui ont été confiés.

Travaux effectués par des tiers.

ART. 9. — Pour être admis à effectuer des travaux au Laboratoire, il faut en adresser la demande au Directeur, avec une note détaillée sur le résultat cherché, les moyens à employer pour l'obtenir, les appareils nécessaires et la durée probable de ces travaux.

Le Directeur transmet la demande au Président de la Commission qui statue, sans avoir à motiver sa décision.

Si les travaux sont autorisés, le Président fixe la durée maximum du séjour du titulaire de la demande au Laboratoire et la redevance qu'il doit payer.

Le titulaire doit s'engager à rembourser tous les frais que nécessiteront ses expériences et il peut être tenu de verser, à titre de garantie, une provision déterminée.

A l'expiration du délai qui lui aura été fixé, si le titulaire demande une prolongation, il doit justifier des résultats obtenus et de l'utilité de continuer ses recherches. Le Président de la Commission, sur un rapport du Directeur, statue sur cette nouvelle demande.

Si les recherches faites par les tiers nécessitaient l'acquisition ou l'appropriation de certains outils ou appareils, la Commission peut autoriser le Directeur à payer une partie des frais, à la condition que le matériel acquis reste la propriété du Laboratoire.

Conférences et recherches.

ART. 10. — La Commission administrative peut autoriser ou provoquer des conférences, des expériences ou des recherches au Laboratoire, sur certaines questions intéressant l'électricité.

Dans ce cas, le Directeur prépare le devis des dépenses à prévoir et les conférences ou expériences ou recherches ne sont faites qu'après ouverture de crédit par la Commission.

Élèves.

ART. 11. — Le nombre des élèves à admettre au Laboratoire est fixé par la Commission administrative.

Les candidats doivent adresser une demande au Directeur, en indiquant leur nationalité, en énumérant les titres et diplômes qu'ils possèdent. Leur admission est prononcée par le Président de la Commission, sur l'avis du Directeur.

Les élèves admis doivent verser une redevance mensuelle de 20^{fr} payable d'avance.

Leur présence au Laboratoire doit être d'au moins six heures par jour. Ils doivent se soumettre aux ordres du Directeur, ou, en son absence, à ceux des chefs de travaux qui le remplacent.

Ils sont responsables du matériel qui leur est confié.

Les absences non autorisées ou non justifiées et les infractions au règlement donneraient lieu à un premier avertissement.

Pour inexactitude répétée ou pour faute grave, le Directeur peut interdire provisoirement l'entrée du Laboratoire à un élève, sauf à en référer au Président de la Commission qui aurait à se prononcer sur l'exclusion définitive.

Les élèves qui, pendant un séjour d'un an au moins, auront fait preuve d'assiduité

et de connaissances pratiques suffisantes dans le maniement des appareils de mesure, recevront un diplôme signé par le Président de la Commission administrative et le Directeur du Laboratoire.

IV. — COMMISSION ADMINISTRATIVE.

Président.

MASCART (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau central météorologique de France.

Secrétaire.

SARTIAUX (Eug.), Ingénieur, Chef des Services électriques au *Chemins de fer du Nord*.

Membres.

Les Membres du Bureau de la *Société internationale des Electriciens*.

Les anciens Présidents de la *Société internationale des Électriciens*.

SARTIAUX (Eug.), Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*.

N... , Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

V. — PERSONNEL.

Directeur du Laboratoire.

1893-1900. JANET (PAUL), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

Chefs des Travaux.

LAPORTE (FRÉDÉRIC), Ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines.

DURAND (ALBERT), Licencié ès Sciences physiques, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

DAVID (CHARLES), Ingénieur civil, Diplômé de l'Institut industriel du nord de la France.

VI. — TARIF DES ESSAIS ET ÉTALONNEMENTS.

I. — Essais donnant lieu à un certificat.

PREMIÈRE CATÉGORIE. — *Étalonnements d'appareils industriels de mesure.*

Courants continus.	Ampèremètres de	0 à 100 ampères.....	Fr. 5
		» de 100 à 500 ».....	10
		» de 500 à 1000 ».....	20
	Voltmètres de	0 à 150 volts.....	5
		» de 150 à 500 ».....	10
		» de 500 à 1000 ».....	20
Courants alternatifs.	Ampèremètres de	0 à 100 ampères.....	10
		» de 100 à 500 ».....	15
		» de 500 à 1000 ».....	25
	Voltmètres ou électromètres de	0 à 150 volts.....	10
		» de 150 à 500 ».....	15
		» de 500 à 1000 ».....	25
Wattmètres.	De	0 à 5000 watts.....	15
		» 5000 à 10000 ».....	25
		Au-dessus de 10000 watts.....	50
Compteurs.	De	0 à 100 ampères et de 0 à 250 volts.....	20
		» 100 à 1000 » et de 250 à 1000 ».....	40
		Étude de la marche d'un compteur pendant une heure....	40
Condensateur.	Condensateur industriel (capacité).....		10

DEUXIÈME CATÉGORIE. — *Essais d'appareils industriels.*

Lampes à incandescence.	{	Dépense de puissance et intensité lumineuse dans une direction donnée.....	5
		Dépense de puissance et intensité lumineuse, pour deux à cinq lampes de même voltage.....	10
		Courbe de répartition de la radiation dans un plan.....	20
		Variation de l'intensité lumineuse avec le voltage.....	10
Lampes à arc.	{	Dépense de puissance et intensité lumineuse dans une direction donnée.....	20
		Courbe de répartition de la radiation dans un plan.....	40
		Intensité moyenne sphérique.....	40

		Fr.
Lampes à arc.	{ Essai du fonctionnement d'une lampe à arc, et enregistrement de la différence de potentiel aux bornes ou du courant pendant une heure	25
	{ Chaque heure supplémentaire	5
Gaz et sources lumineuses usuelles.	{ Consommation et intensité dans une direction donnée	20
	{ Éclairement : mesure de l'éclairement en un point quelconque	15
Piles.	Essai d'une pile depuis	20
Accumulateurs.	{ Essai d'un accumulateur : chaque charge et chaque décharge mesurée	10
Transformateurs.	{ Mesure de la puissance à vide : Jusqu'à 5 kilowatts	15
	{ Au-dessus de 5 kilowatts	25
Paratonnerres.	{ Vérification d'un paratonnerre	20
	{ Ce prix sera augmenté des frais de déplacement.	
Dynamos.	{ Essai au frein d'un moteur de moins de 1 cheval	25
	{ Essai d'une machine de plus de 1 cheval (prix à établir de gré à gré d'après la puissance de la machine et le programme de l'essai).	
Coupe-circuits.	{ Essai de coupe-circuits au-dessous de 20 ampères; les 10.	10
	{ " de 20 à 100 ampères; les 10	20
	{ " de 100 à 500 ampères; les 10	30

TROISIÈME CATÉGORIE. — *Essais de matériaux.*

Conducteurs.	{ Résistance d'un conducteur de plus de $\frac{1}{100}$ d'ohm à la température ordinaire	10
	{ Résistance d'un conducteur de moins de $\frac{1}{100}$ d'ohm à la température ordinaire	25
	{ Essai mécanique d'un fil (charge de rupture, allongement et pliage)	10
Isolants.	{ Résistance d'isolement d'un diélectrique sous forme de plaques	20
	{ Essai d'un isolateur	15
Câbles.	{ Essai d'un câble à la température ordinaire	20
	{ Essai d'un câble maintenu pendant vingt-quatre heures dans l'eau à 21°.	50
Charbons.	{ Conductibilité d'un crayon de charbon pour arc à la température ordinaire	5
	{ Essai d'un charbon pour arc	30

Fers.	{	Perméabilité d'un échantillon de fer pour une induction donnée (dimensions définies par le laboratoire).....	Fr. 25
		Étude complète du cycle entre deux valeurs de l'induction.	50

QUATRIÈME CATÉGORIE. — *Mesures de précision.*

Résistances.	{	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une bobine de résistance de plus de $\frac{1}{10}$ d'ohm à la température ordinaire.....	10
		Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une caisse de résistance, suivant le nombre des bobines; à partir de.....	25
		Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à la température ordinaire.....	50
		Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à zéro et coefficient de variation avec la température.....	100
		Résistance d'une barre métallique de moins de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température.....	50
		Résistance à 0° d'un fil métallique de plus de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température.....	25
Force électromotrice.	{	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice à la température ordinaire.	10
		Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice et coefficient de variation avec la température.....	100
Intensité.	{	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'un ampèremètre de précision à la température ordinaire.....	50
Capacité.	{	Capacité d'un condensateur de précision.....	25
		» subdivisé.....	50
Induction.	{	Coefficient de self-induction d'une bobine sans fer; à partir de.....	10

Prix réduits, applicables au tarif des essais des quatre premières catégories :

5 essais identiques sont tarifés au prix de 4 essais.

10	»	»	7	»
25	»	»	15	»

CINQUIÈME CATÉGORIE. — *Travaux imprévus.*

Des travaux non prévus au tarif peuvent être faits par le Laboratoire. Le prix en sera établi d'après le temps et les dépenses nécessaires.

S.

3

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

I. — ORGANISATION DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ ⁽¹⁾.

Le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens a décidé, dans sa séance du 25 novembre 1896, de séparer les services du Laboratoire central d'Électricité et ceux de l'École supérieure d'Électricité qui lui avait été adjointe au mois de novembre 1894. Cette séparation était rendue nécessaire par l'origine différente des ressources qui subviennent aux frais de ces deux établissements.

Le budget du Laboratoire comporte, en effet, aujourd'hui, en recettes et en dépenses, des sommes à peu près fixes.

Le budget de l'École, variable avec l'extension des Services, est alimenté par des souscriptions spéciales et par les rétributions des élèves et des auditeurs libres.

Le Comité a pensé, en outre, qu'il était utile de séparer les Conseils de ces deux institutions, et d'intéresser plus directement les donateurs aux progrès de l'École supérieure d'Électricité.

Il a, en conséquence, arrêté le règlement suivant qui est entré en vigueur le 1^{er} janvier 1897.

RÈGLEMENT ADMINISTRATIF.

ART. 1. — Le budget de l'École supérieure d'Électricité est alimenté :

- 1° Par les souscriptions recueillies pour l'entretien ou le développement de l'École;
- 2° Par les rétributions des élèves et des auditeurs libres.

ART. 2. — Il est institué un Conseil de perfectionnement de l'École qui comprendra :

- 1° Le Président de la Commission administrative du Laboratoire, Président;
- 2° Le Président en exercice, le Président désigné pour l'exercice suivant, et le Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens;
- 3° Trois membres de la Société des Électriciens, élus pour une période de trois ans par le Comité d'administration de la Société;

(1) Dans sa séance du 30 décembre 1896, le Comité d'administration a décidé que l'École d'application porterait désormais le nom d'École supérieure d'Électricité.

4° Le Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures ⁽¹⁾;

5° Les membres fondateurs ⁽²⁾.

6° Les personnes qui donnent leur concours à l'École par des conférences régulières;

7° Le Directeur de l'École.

ART. 3. — Le Conseil de perfectionnement se réunit sur la convocation du Président et au moins deux fois par an.

Il détermine les conditions d'admission, le programme de l'enseignement et des travaux de l'École.

Il se prononce sur toutes les questions relatives à la nomination et aux traitements des Professeurs et du personnel.

Il règle, en fin d'exercice, l'emploi de tous les excédents disponibles, à charge par lui d'en rendre ultérieurement compte au Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens.

Il fait exécuter, dans la limite des crédits dont il dispose, toutes les améliorations à apporter aux installations ou au matériel de l'École.

Il soumet au Comité d'Administration les propositions de dépenses extraordinaires, pour lesquelles un crédit supplémentaire serait jugé nécessaire.

Il prépare annuellement le budget de l'École et le soumet à l'approbation du Comité d'administration.

ART. 4. — Le Conseil de perfectionnement pourra proposer, au Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens, les modifications au présent règlement dont l'expérience aura fait reconnaître l'utilité.

II. — CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT.

PRÉSIDENT.

Mascart (E.), Membre de l'Institut, directeur du Bureau central météorologique de France.

VICE-PRÉSIDENT.

Buquet (P.), directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRE.

Sartiaux (Eug.), Ingénieur chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

(¹) Par décision de M. le Ministre du Commerce, l'École Centrale a été autorisée à subvenir aux frais d'études d'un certain nombre de ses élèves, ayant satisfait aux examens de sortie, et désireux de compléter leur instruction, au point de vue électrique, en suivant les cours de l'École supérieure d'Électricité.

(²) Sont considérés comme Membres fondateurs les Administrations, Sociétés ou particuliers, qui contribueront à l'entretien et au développement de l'École, par une souscription annuelle de 1000^{fr} ou par une donation de 10000^{fr}.

Ces Administrations ou Sociétés sont représentées au Conseil de perfectionnement par un délégué.

MEMBRES.

1° Membres délégués de la Société internationale des Électriciens.

Gosselin, Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens;
Pollard, Ingénieur de la Marine;
Potier, Membre de l'Institut;
Romilly (de), ancien Président de la Société française de Physique.
Violle (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Président de la
Société internationale des Électriciens.

2° Membres fondateurs.

Bischoffsheim, Membre de l'Institut.
Bonaparte (prince **Roland**).
Canet (J.-B.), Directeur de l'Artillerie de MM. Schneider et C^{ie}.
Carpentier (J.).
Christophe.
Compagnie continentale Edison.
Compagnie française Thomson-Houston.
Maison Breguet.
Ménier (H.).
Postel-Vinay.
Rothschild (baron **Edmond de**).
Santerre.
Sautter, Harlé et C^{ie}.
Société Gramme.
Ville de Paris.

3° Conférenciers.

Baudot, Ingénieur des Télégraphes.
Bochet, Ingénieur en chef de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*.
Boucherot, Ingénieur.
Hillairet, Ingénieur-constructeur.
Loppé, Ingénieur des Arts et Manufactures.
Picou, Ingénieur des Arts et Manufactures.
Sartiaux (Eug.), Ingénieur chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*.
Touanne (de la), Ingénieur des Télégraphes.

4° Directeur de l'École.

Janet (P), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

III. — SOUSCRIPTEURS.

Chambre de Commerce de Paris.

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériels d'usine.

Desroziers.

Lazare Weiller.

Société du Creusot.

Société industrielle des Téléphones.

IV. — PERSONNEL.

DIRECTEUR.

Janet (P.), Docteur ès Sciences, Professeur de Facultés, Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

CHEF DES TRAVAUX.

Chaumat (H.), Agrégé des Sciences physiques.

SOUS-CHEF DES TRAVAUX.

Bourguignon, Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

PRÉPARATEURS.

Génon, ancien Élève diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

Vivien, Licencié ès Sciences.

CHEF D'ATELIER.

Rouvel, ancien Mécanicien de la Marine, diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

V. — ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT.

ADMISSION.

I. Concours d'entrée. — L'admission à l'École supérieure d'Électricité, en qualité d'élève régulier, est prononcée à la suite d'un concours d'entrée qui a lieu tous les ans, dans la première quinzaine d'octobre. Les inscriptions sont reçues du 1^{er} juillet au 1^{er} octobre. Tout candidat, en s'inscrivant, doit faire connaître : 1^o ses nom et prénoms; date et lieu de naissance; nationalité justifiée; 2^o son adresse; 3^o les études faites pendant les cinq dernières années; 4^o les diplômes possédés et titres divers.

II. Dispenses de concours. — Peuvent être dispensés du concours d'entrée, dans les limites des places disponibles, les anciens élèves diplômés des Écoles suivantes : Centrale, Mines de Paris et de St-Étienne, Ponts et Chaussées; les anciens élèves français de l'École Polytechnique; les licenciés ès sciences pourvus des deux certificats de Physique générale et de Mécanique rationnelle; les élèves médaillés des Écoles d'Arts et Métiers ayant obtenu aux examens de sortie, pour chacune des deux matières : Mécanique et Physique, une moyenne au moins égale à 14. Les demandes de dispenses doivent être accompagnées de pièces officielles justifiant les titres présentés, des notes de classement de sortie pour les élèves des Écoles et, généralement, de tous les renseignements de nature à permettre au Conseil d'apprécier les titres des Candidats.

III. Programme du concours d'entrée. — Le programme du concours d'entrée est déterminé chaque année par le Conseil de perfectionnement de l'École; il comporte les matières suivantes :

Mathématiques;
Électricité;
Mécanique appliquée;
Physique générale;
Chimie élémentaire;
Dessin industriel.

Les épreuves écrites, qui sont éliminatoires, consistent en :

- 1^o Une composition sur l'Électricité générale (problèmes);
- 2^o Un calcul logarithmique;
- 3^o Un croquis à main levée.

Les épreuves orales consistent en :

- 1^o Une interrogation sur l'Électricité générale;
- 2^o Une interrogation sur les Mathématiques;
- 3^o Une interrogation sur la Mécanique appliquée;

4° Une interrogation sur la Physique générale et sur la Chimie élémentaire.

5° Un calcul à la règle.

Les coefficients de ces diverses épreuves sont ainsi fixés :

Épreuves écrites.

Électricité.....	8
Dessin industriel.....	2
Calcul logarithmique.....	$\frac{1}{2}$

Épreuves orales.

Électricité.....	3
Mathématiques.....	3
Mécanique appliquée.....	3
Physique et Chimie.....	1
Calcul à la règle.....	$\frac{1}{2}$
Total.....	21

Les anciens élèves diplômés des Écoles d'Arts et Métiers; les anciens élèves diplômés de l'Institut industriel du Nord de la France; les anciens élèves munis du certificat de l'École centrale des Arts et Manufactures bénéficieront de 30 points au concours d'entrée; il en sera de même pour les candidats qui auraient des droits à la dispense et n'auraient pu être admis à en bénéficier.

IV. *Élèves étrangers.* — Les élèves étrangers, munis de titres suffisants peuvent être dispensés du concours d'entrée. La valeur des titres présentés est soumise à l'appréciation du Conseil de perfectionnement; les candidats qui désirent profiter de cette faveur doivent adresser une demande, avec pièces à l'appui, au Directeur de l'École avant le 1^{er} octobre.

V. *Nombre de places disponibles et limite des dispenses.* — Le nombre total de places disponibles à l'École est fixé chaque année par le Conseil de Perfectionnement qui détermine en même temps la quotité réservée au concours.

DURÉE DES ÉTUDES.

Les cours et exercices pratiques commencent le 1^{er} novembre et se terminent le 1^{er} août de chaque année.

NATURE DE L'ENSEIGNEMENT.

L'enseignement donné à l'École supérieure d'Électricité est en partie oral, en partie pratique.

I. Enseignement oral. — L'enseignement oral comprend :

- 1° Un cours sur l'Électrotechnique générale;
- 2° Un cours sur les Mesures électriques;
- 3° Une série de conférences sur des sujets spéciaux.

II. Enseignement pratique. — L'enseignement pratique comprend :

- 1° Des exercices de laboratoire;
- 2° Des exercices d'atelier;
- 3° Des essais de machines;
- 4° Des visites d'usines;
- 5° Des stages dans les principaux secteurs de Paris.

PROJETS.

Quatre projets sont donnés aux élèves dans le courant de l'année; ce sont :

- 1° Un projet de machine à courant continu (calcul);
- 2° Un projet de machine à courant continu (construction);
- 3° Un projet de machine ou appareil à courant alternatif;
- 4° Un projet d'installation d'éclairage ou de distribution d'énergie.

EXAMENS.

Deux examens sont subis par les élèves : l'un, vers le milieu de l'année devant le personnel de l'École; l'autre, vers la fin de juillet devant un jury désigné chaque année par le Conseil de perfectionnement.

DIPLÔMES.

Le diplôme de fin d'études est exclusivement réservé aux élèves réguliers ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École. Il est délivré à tout élève ayant obtenu une moyenne générale de 14 sur 20 pour les différentes notes de l'année.

Tout élève ayant atteint la moyenne 13 pour tous les exercices de l'École (projets et examens de fin d'année non compris) peut être autorisé à subir de nouveau ces dernières épreuves l'année suivante; le diplôme lui est attribué s'il atteint la moyenne générale de 14.

AUDITEURS LIBRES.

Des auditeurs libres peuvent être admis aux cours et conférences après inscription au Secrétariat de l'École.

L'admission aux exercices pratiques ne peut être autorisée qu'à titre exceptionnel par le Conseil de perfectionnement sur la proposition du Directeur de l'École.

FRAIS D'ÉTUDES.

1° *Élèves réguliers :*

Frais d'études (¹).....	fr 1000
Outillage (²), environ.....	30

2° *Auditeurs et élèves libres :*

Cours sur l'Électrotechnique générale (³)....	200
Cours sur les mesures électriques (³).....	200
Conférences (³).....	200
Exercices de Laboratoire (³).....	300
Essais de machines (³).....	300
Exercices d'atelier (³).....	300

Les auditeurs ou élèves libres ne sont admis aux visites d'usines que s'ils sont inscrits au moins à trois cours ou exercices pratiques. Cette admission est d'ailleurs entièrement subordonnée aux nécessités des circonstances.

COURS ET CONFÉRENCES POUR L'ANNÉE 1899-1900.

Cours.

M. Janet (P.), directeur de l'École : Électrotechnique générale. Les lundis, mercredis, vendredis à 4^h 45^m.

M. Chaumat (H.) : Mesures électriques. Les lundis, mercredis, vendredis à 3^h 30^m.

Conférences (¹).

M. Baudot, ingénieur des Télégraphes.

Télégraphie..... 4 conférences.

M. Bochet, Ingénieur en chef de la maison Sautter, Harlé et C^{ie}.

Installations électriques, canalisation..... 6 conférences.

M. Boucherot, ingénieur.

Calcul et construction des machines à courants continus,
alternateurs, transformateurs, alternomoteurs..... 12 conférences.

M. Chaumat, chef de travaux à l'École.

Électrochimie..... 8 conférences,

(¹) Payables par moitié, au 1^{er} novembre et au 1^{er} mars.

(²) L'outillage acquis par les élèves, à leur entrée à l'École, reste leur propriété personnelle.

(³) Payable d'avance.

(¹) Les conférences ont en général lieu les lundis et jeudis matin.

M. Hillairet, ingénieur-constructeur.

Essais mécaniques des dynamos, mesures au frein, applications mécaniques de l'électricité, traction électrique. 20 conférences.

M. Loppé, ingénieur des Arts et Manufactures.

Accumulateurs 6 conférences.

M. E. Sartiaux, Ingénieur Chef des services électriques au chemin de fer du Nord, Président du Syndicat professionnel des Industries électriques, Président de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens.

Applications de l'Électricité aux chemins de fer 3 conférences.

M. de la Touanne, ingénieur des Télégraphes.

Téléphonie 3 conférences.

VI. — PROGRAMME D'ADMISSION.

MATHÉMATIQUES.

Mathématiques élémentaires. — Géométrie, Algèbre, Trigonométrie. — Usage des logarithmes et de la règle à calcul.

Mathématiques spéciales. — Principales notions de la Géométrie analytique. — Représentation graphique des fonctions usuelles.

Calcul différentiel et intégral. — Fonctions; dérivées; intégrales; différentielles et quadratures usuelles. — Calcul des aires, des centres de gravité, des moments d'inertie. — Équations différentielles linéaires à coefficients constants du premier et du second ordre sans ou avec second membre.

Mécanique. — Vitesse; accélération; force; couple; travail; puissance. — Théorème des forces vives et son application aux machines simples. — Mouvements périodiques. — Mouvement d'un solide invariable autour d'un axe. — Cas particulier d'un corps suspendu par un fil de torsion, avec amortissement.

Mécanique appliquée. — Turbines; machine à vapeur; moteur à gaz; frein de Prony.

PHYSIQUE.

Thermodynamique. — Principe de la conservation de l'énergie; équivalence de la chaleur et du travail.

Optique. — Propriétés des lentilles et des miroirs.

Électricité et Magnétisme. — Phénomènes fondamentaux; lois numériques de l'électrostatique, de l'électromagnétisme et de l'induction.

DESSIN INDUSTRIEL.

Un croquis coté de machine à main levée.

CHIMIE.

Métalloïdes; métaux.



SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

ANNÉE 1900.

COMITÉ D'ADMINISTRATION.

Présidents honoraires.

- MM. GEORGES BERGER**, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Député, 8, rue Legendre, à Paris.
MAURICE LOEWY, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris.

Anciens Présidents.

- 1883-1883. BERGER (GEORGES)**, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Député, 8, rue Legendre, à Paris.
1886. LOEWY (MAURICE), Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, Paris.
1887. MASCART (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris.
1888. LEMONNIER (PAUL), *décédé en 1894*.
1889. SEBERT (Général H.), Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris.
1890. FONTAINE (HIPPOLYTE), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société Gramme*, 52, rue Saint-Georges, à Paris.
1891. JOUBERT (J.), Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris.
1892. CARPENTIER (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, à Paris.
1893. RAYMOND (L.), Administrateur des Postes et des Télégraphes en retraite, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.
1894. POSTEL-VINAY (A.), Constructeur électricien, 41, rue des Volontaires, à Paris.
1895. POTIER (A.), Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Mines, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.
1896. SCIAMA (GASTON), Directeur de la *Maison Breguet*, 19, rue Didot, à Paris.
1897. ARSONVAL (D^r A. D'), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris.
1898. PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris.

BUREAU.

Président.

VIOLE (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Président pour l'exercice 1900-1901.

MASCART (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris.

Vice-Présidents.

Dates d'entrée
et de sortie.

1897-1900. HILLAIRET (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.

1897-1900. POLLARD (JULES), Ingénieur en chef du Génie Maritime, 28, rue Bassano, à Paris.

* *

1898-1901. CLÉRAC (HIPPOLYTE), Directeur-Ingénieur des Télégraphes en retraite, 49, rue d'Alésia, à Paris.

1898-1901. MONNIER (D.), Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, 3, impasse Cothenet, 22, rue de la Faisanderie, à Paris.

* *

1899-1902. HARLÉ (E.), Associé-Gérant de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 26, avenue de Suffren, à Paris.

1899-1902. SARTIAUX (E.), Ingénieur Chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord, Président de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, Président du Syndicat professionnel des Industries électriques, 48, rue de Dunkerque, à Paris.

Secrétaire général.

1899-1901. GOSSELIN (X.), Chef des Travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures, 12, rue de Saint-Quentin, à Paris.

Secrétaires.

1897-1900. ALIAMET (MAURICE), Licencié ès Sciences, Inspecteur-Chef du Laboratoire électrotechnique au Chemin de fer du Nord, 23, rue Philippe-de-Girard, à Paris.

1897-1900. LOPPÉ (F.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris.

* *

1898-1901. ABRAHAM (HENRI), Professeur au Lycée Louis-le-Grand, Chargé de Conférences à l'École Normale supérieure, 41, rue Trévisé, à Paris.

1898-1901. GROSSELIN (MARIE-JOSEPH), Ingénieur civil des Mines, 69, avenue Henri-Martin, à Paris.

Dates d'entrée
et de sortie.

1899-1902. CHAUMAT (H.), Chef des Travaux à l'École supérieure d'Électricité,
26, avenue du Maine, à Paris.

1899-1902. RAVEAU (C.), Préparateur à la Sorbonne, 5, rue des Écoles, à Paris.

Trésorier.

1898-1900. VIOLET (LÉON), Ingénieur, Directeur des ateliers *J. Carpentier*, 20, rue
Delambre, à Paris.

MEMBRES DU COMITÉ.

1897-1900. ARNOUX (R.), ancien Ingénieur des ateliers de la *Maison Breguet*, Ingé-
nieur-conseil de la *Compagnie continentale Edison*, Ingénieur-Construc-
teur, 16, rue de Berlin, à Paris.

1897-1900. BOCHET (A.), Ingénieur en Chef de la *Maison Sautter, Harlé et C^{te}*, 14,
rue de Passy, à Paris.

1897-1900. BONFÂTE (F.), Ingénieur électricien, 271, boulevard Pereire, à Paris.

1897-1900. BONNEAU (H.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Ex-
ploitation adjoint des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditer-
ranée, 21, boulevard Saint-Germain, à Paris.

1897-1900. BOVET (A. DE), Administrateur-délégué de la *Société générale de touage
et remorquage*, 3, avenue du Coq, à Paris.

1897-1900. BRANLY (Ed.), Docteur ès Sciences, Docteur en Médecine, 21, avenue de
Tourville, à Paris.

1897-1900. CLAUDE (G.), Ingénieur électricien, Attaché à l'usine des Halles, 1, rue de
la Concorde, au Perreux (Seine).

1897-1900. DARCO (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 99, rue
de Grenelle, à Paris.

1897-1900. JAVAUX (E.), Administrateur-Directeur de la *Société Gramme*, 33, rue
Clavel, à Paris.

1898-1900. LARNAUDE (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, fabricant de lampes
à incandescence, 19, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

1897-1900. LEBLANC (MAURICE), 1, avenue de Boufflers, villa Montmorency, à
Paris.

1897-1900. LE CHATELIER, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs,
à Paris.

1897-1900. PELLISSIER (GEORGES), 16, rue Singer, à Paris.

1897-1900. RECHNIEWSKI (W.), Ingénieur, 5 bis, rue d'Odessa, à Paris.

1897-1900. VUILLEUMIER (C.), Ingénieur électricien, 111, rue de la Folie-Méricourt,
à Paris.

1897-1900. WALCKENAER (Ch.), Ingénieur des Mines, 218, boulevard Saint-Germain,
à Paris.

* *

1898-1901. BLONDEL (A.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service cen-
tral des Phares, Professeur d'Électricité appliquée à l'École nationale des
Ponts et Chaussées, 41, avenue de Labourdonnais, à Paris.

Dates d'entrée
et de sortie.

- 1898-1901. BLONDIN (J.), Professeur au collège Rollin, Directeur scientifique du journal *L'Éclairage électrique*, 171, rue du faubourg Poissonnière, à Paris.
- 1898-1901. BOUCHEROT (P.), Ingénieur-Conseil, 44, rue Laugier, à Paris.
- 1899-1901. BRUNSWICK (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des ateliers de la *Maison Breguet*, 3, boulevard Vauban, à Douai (Nord).
- 1898-1901. DESROZIERS (E.), Ingénieur électricien, 10, avenue Frochot, à Paris.
- 1898-1901. EBEL (G.), Directeur de la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 92, boulevard de Courcelles, à Paris.
- 1898-1901. GAIFFE (G.), Ingénieur électricien, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris.
- 1898-1901. GAUTHIER-VILLARS (ALBERT), Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.
- 1898-1901. GUILLAUME (Ch.-Ed.), Attaché au Bureau international des Poids et Mesures, pavillon Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).
- 1898-1901. KREBS (commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris.
- 1898-1901. LAPORTE (FRÉDÉRIC), Ingénieur civil des Mines, Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité, 2, rue Saint-Simon, à Paris.
- 1898-1901. POINCARÉ (L.), Docteur ès Sciences, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris, 17, rue d'Assas, à Paris.
- 1898-1901. RADIGUET, Constructeur électricien, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris.
- 1898-1901. ROMILLY (de), ancien Président de la *Société française de Physique*, 25, avenue Montaigne, à Paris.
- 1898-1901. SAUTTER (G.), Associé-gérant de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- 1898-1901. VOISENAT (J.), Ingénieur des Télégraphes, 74, boulevard Montparnasse, à Paris.

* *

- 1899-1902. BOISTEL (E.) Ingénieur-Conseil, Expert près les Cours et Tribunaux de la Seine, 62, rue Madame, à Paris.
- 1899-1902. BRILLOUIN (MARCEL), Maître de Conférences à l'École Normale supérieure, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris.
- 1899-1902. CLÉMENTON (E.), Ingénieur, Président de la *Compagnie Générale de Travaux d'éclairage et de force*, 23, rue Lamartine, à Paris.
- 1899-1902. DARRIEUS (G.), Capitaine de frégate, 2, rue Royale, à Paris.
- 1899-1902. DUCRETET (E.), Constructeur électricien, Vice-Président du Syndicat des Industries électriques, 75, rue Claude-Bernard, à Paris.
- 1899-1902. GUILBERT (C.), Ingénieur, 18, rue de la Jonquière, à Paris.
- 1899-1902. LABOUR (E.), Ingénieur des Ateliers de la *Société d'Éclairage électrique*, 109, rue de Vaugirard, à Paris.
- 1899-1902. LAFFARGUE (J.), Licencié ès Sciences, Ingénieur électricien, 70, boulevard Magenta, à Paris.
- 1899-1902. LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, 10, rue de l'Éperon, à Paris.
- 1899-1902. MEYER (FERDINAND), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie Continentale Edison*, 28, rue de Châteaudun, à Paris.
- 1899-1902. MILDÉ (Ch.), Constructeur électricien, 60, rue Desrenaudes, à Paris.

Dates d'entrée
et de sortie.

- 1899-1902. NERVILLE (F. DE), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris.
- 1899-1902. PELLAT (H.), Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris.
- 1899-1902. PERRIN (P.), Ingénieur, 52, rue Saint-Louis-en-Isle, à Paris.
- 1899-1902. SARCIA (J.), Ingénieur, 79, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise).
- 1899-1902. STREET (CH.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Expert près les Tribunaux et le Conseil de Préfecture du Département de la Seine, 60, boulevard Haussmann, à Paris.

Secrétaire du Comité.

SABOURAIN (J.-A.), Inspecteur des Télégraphes, 42 bis, rue du Four, à Paris.

Agent comptable de la Société.

TESSIER (CH.), 14, rue de Staël, à Paris.

DÉLÉGUÉS GÉNÉRAUX.

Département des Bouches-du-Rhône.

ROLANDO (G.-P.), Électricien, 19, rue de l'Étrieu, à Marseille.

Département de la Gironde.

VÈNE (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Henri IV, à Bordeaux.

Département du Rhône.

CHARGNIOUX (CHARLES), Représentant de la *Société industrielle des Téléphones*, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon.

Région du sud de la France.

JUPPONT (PIERRE), Ingénieur-Conseil, électricien, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne).

Belgique.

BANDSEPT (ALBERT), Ingénieur, Directeur-Gérant de la *Société anonyme franco-belge d'appareils d'éclairage*, 28, avenue des Couronnes, à Bruxelles.

Espagne.

N...

États-Unis.

HERING (CARL), Consulting Electrical Engineer, 929, Chesnut street, à Philadelphie. Pa. (U. S. A.).

Grande-Bretagne.

AYLMER (RICHARD), Ingénieur civil, M. Inst. C. E. 47, Victoria Street, Westminster, London S. W.

S.

Pays-Bas.

GILTAY (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, 202, Oude Delft, à Delft.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.

Russie.

DUFLON (Louis), Ingénieur, Viborgskaïa Storona, neuchlotski pereoulouk, 5, à Saint-Pétersbourg.

MEMBRES CORRESPONDANTS.

Allemagne.

N...

Belgique.

BANNEUX (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles.

GÉRARD (Éric), Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, 43, rue Saint-Gilles, à Liège.

MENSBRUGGHE (Gust. van der), Professeur à l'Université de Gand, à Gand.

ROUSSEAU (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École militaire, à Bruxelles.

États-Unis.

BARKER (George-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie.

HERING (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie.

Espagne.

COMERMA (Andrés-A.), Inspecteur du Génie maritime, au Ferrol.

Grande-Bretagne.

FORBES (Professeur George), M. A., F. R. S., 34, Great George street, Westminster, London, S. W.

HUGHES (Professeur D.-E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London, S. W.

Lord KELVIN (W. Thomson), F. R. S., the Library the University Glasgow (Écosse).

PREECE (William-Henry), F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey.

THOMPSON (Professor Sylvanus-P.), F. R. A. S.; B. A.; Morland Chrislett Road West Hampstead, London, N. W.

Italie.

CATTANEO (Commandeur ROBERT), Administrateur délégué della *Società di Montepoli*,
51, via Ospedale, à Turin.

DEMARCHI (LAMBERTO), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome.

SEMMOLA (EUGÈNE), Sous-Directeur à l'observatoire du Vésuve, Professeur de Physique à l'Institut technique de Naples, 6, rue Trinita Maggiore, à Naples.

Pays-Bas.

BOSSCHA (G.), Secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, à Harlem.

KERKWYK (J.-J. VAN), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du chemin de fer d'Anvers à Rotterdam, à La Haye.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.

PAIVA (ADRIEN DE), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto.

VIEGAS (D^r ANTONIO DOS SANTOS), à Coïmbra.

Russie.

DRZEWIECKI (STÉPHANE), Ingénieur, 5, villa Damont, rue des Bauches, à Paris.

Suisse.

BOREL (D^r FRANÇOIS), Ingénieur, à Cortaillod.

ESCHBAECHER, Sous-Directeur du Bureau international des Administrations télégraphiques, à Berne.

WEBER (D^r H.-J.), Professeur, à Neumünster.

Turquie.

N...

COMMISSION DES COMPTES.

ARMENGAUD jeune, Ingénieur civil.

BERTHON (LOUIS-ALFRED), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*.

MASSON (GEORGES), Éditeur.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

(Année 1900).

Les noms des Membres fondateurs sont suivis des lettres M. F.; ceux des Membres donateurs des lettres M. D.; ceux des Membres perpétuels (cotisations libérées), des lettres M. P.

N. B. — MM. les Membres sont priés de vouloir bien adresser au Secrétariat les corrections à introduire dans la présente liste.

-
- Abdank-Abakanowicz**, Ingénieur, 88, quai du Parc, à Saint-Maur (Seine). M. P.
Abel (Sir Frederic), C. B., F. R. S., 2, Whitehall Court, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
Abouard (Georges), 46, avenue de Breteuil, à Paris.
Abraham (Henri), Professeur au Lycée Louis-le-Grand, chargé de conférences à l'École Normale Supérieure, 41, rue de Trévise, à Paris. M. P.
Ackere (G. van), Constructeur électricien, 13, rue Esquermoise, à Lille (Nord). M. F.
Adam (Georges), Ingénieur électricien, 85, rue Dutot, à Paris.
Adams (William-Grylls), Professeur, F. R. S., 43, Notting Hill Square, London W. (Angleterre). M. F.
Albuquerque (Francisco d'), 80, rua de Rosario, à Porto (Portugal). M. F.
Alcaz (Eugène), ancien Élève de l'École supérieure d'Électricité de Paris, 6, strada Academiéi, à Bucarest (Roumanie).
Alglave (Émile), 27, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise). M. F.
Aliamet (Maurice), Licencié ès Sciences, Inspecteur-chef du Laboratoire électrotechnique au chemin de fer du Nord, 23, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
Allaire (Edmond), Sous-Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 33 bis, rue Dutot, à Paris. M. F.
Alliot (R.), Ingénieur des Arts et Manufactures, fabricant de câbles électriques, 25 bis, rue Saint-Ambroise, à Paris.
Ameys (Camille), à Iseghem (Belgique). M. F.
Amsler-Lafon (J.), à Schaffhouse (Suisse). M. F.
Anastassiou (Jean-Ch.), Ingénieur, 97, calea Victoriei, à Bucarest (Roumanie).
Andréani (Jacques-Lucien), Directeur de la Société anonyme d'Électricité, 39, avenue Marceau, à Courbevoie (Seine).
Andrieu (Ernest), Receveur, Chef de Centre du Dépôt télégraphique régional, à Montpellier (Hérault). M. F.
Andry-Bourgeois (Charles-Henri), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 2, rue de Clichy, à Paris.
Anney (Joseph-Paul), Ingénieur électricien, Directeur de la Compagnie du Gaz et d'Électricité, à Melun (Seine-et-Marne).

- Ansil** (D. Miguel), Ingénieur électricien à Sanguésa, province de Navarre (Espagne).
- Archat** (Paul), 188, rue du Faubourg-Saint-Martin, à Paris.
- Arcos** (Antoine de), Ancien Chef de l'artillerie espagnole, Président du Comité Brancario de la République de Guatemala, à Guatemala (Amérique centrale). M. F.
- Arizpe** (Rafael.-R.), Ingénieur électricien hydrographe, Donato Guerra, 1252, à Mexico (Mexique).
- Armagnat**, Électricien, 20, rue Delambre, à Paris.
- Armengaud aîné** (Charles-Eugène), 21, boulevard Poissonnière, à Paris. M. F.
- Armengaud jeune**, Ingénieur civil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. F. M. P.
- Arno** (Riccardo), Professeur au Musée industriel de Turin, à Turin (Italie).
- Arnoux** (René), ancien Ingénieur des ateliers de la *Maison Breguet*, Ingénieur-Conseil de la *Compagnie continentale Edison*, Ingénieur-Constructeur, 16, rue de Berlin, à Paris.
- Arnoye** (Léon), Professeur de Physique, 40, rue Gasseras, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Arsonval** (Dr A. d'), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris. M. F.
- Artimini** (Antonius), villa Artimini, à Firenze (Italie). M. F.
- Aubert** (Auguste-Jean-Jacques), Fabricant d'horlogerie, constructeur du Compteur d'électricité, *système A. Aubert*, 7, place Saint-François, à Lausanne (Suisse).
- Aubert** (Pierre-Edmond), Ingénieur, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 32, rue de Bourgogne, à Lille (Nord).
- Aubineau** (J.), Administrateur de la *Société des câbles électriques*, 23, rue du Cherche-Midi, à Paris. M. F.
- Aubout** (Léon), Fabricant de zincs pour piles et de fournitures pour sonneries électriques, 28, rue Debelleye, à Paris. M. F.
- Augé** (Daniel), Ingénieur électricien, 92, rue des Arts, à Levallois-Perret (Seine).
- Avenarius** (M.), Professeur à l'Université de Kief (Russie). M. F.
- Avril** (R.), Ingénieur électricien, 30, boulevard Voltaire, à Paris. M. F.
- Avril de Gastel** (Émile), Ingénieur E.C.P., Ingénieur du matériel à la *Société générale du Touage et de remorquage*, bureau : 19, rue d'Athènes; domicile : 135, boulevard Magenta, à Paris.
- Aylmer** (Richard) Ingénieur civil, M. Inst. C. E., Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 47, Victoria street, Westminster, London S. W. (Angleterre).
- Azambre** (Paul-Marie-Gustave), attaché au Service électrique de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 20 bis, rue Saint-Benoist, à Paris.
- Azaria**, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris.
-
- Babillot** (Gabriel), Ingénieur, Constructeur-Mécanicien, 11 ter, rue Lebel, à Vincennes (Seine). M. F.
- Bablon** (V.), 42, rue Boulard, à Paris. M. F.
- Bachon** (Lucien), Ingénieur électricien, 73, rue Fondary, à Paris.
- Badon-Pascal** (Georges), Directeur de la *Société nantaise d'éclairage et de force par l'électricité*, 6, rue du Calvaire, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Baechler** (André), Ingénieur, Inspecteur des Travaux techniques du Service d'architecture du département de la Seine, au Tribunal de Commerce, à Paris.

- Baechler** (Joseph), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, 4, rue Victor-Considérant, à Paris.
- Bähr** (Georges-Martin-Victor), Chef du Bureau des services électriques du *Chemin de fer du Nord*, 11, rue de la Gare, à Eaubonne (Seine-et-Oise).
- Baillat** (Ernest), Ingénieur électricien, Directeur des Constructions électriques de la *Maison Grammont*, à Pont-de-Chéruy (Isère).
- Baille** (J.-B.), Répétiteur à l'École Polytechnique, 26, rue Oberkampf, à Paris. M. F. M. P.
- Bailly** (Émile-Victor), Agent des Travaux mécaniques de la *Compagnie parisienne du Gaz*, 20, rue de Bruxelles, à Paris.
- Bainville** (Auguste-Henri), Directeur gérant de la *Société A. Bainville et C^{ie}*, à Arques-la-Bataille (Seine-Inférieure).
- Bancelin** (Edme-Henry), Administrateur délégué de la *Société française de l'Accumulateur Tudor*, 21, rue Le Verrier, à Paris.
- Bandsept** (Albert), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Directeur-Gérant de la *Société anonyme franco-belge d'appareils d'éclairage*, 28, avenue des Couronnes, à Bruxelles (Belgique). M. F. M. P.
- Banneux** (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Baour** (Emmanuel-D.), 9, cour du Chapeau-Rouge, à Bordeaux (Gironde). M. F.
- Bapst** (Henri), 8 bis, rue de Chézy, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Baraguey-Fouquet** (Lucien), Manufacturier, 5, rue Oberkampf, à Paris.
- Barbey** (Lucien), Ingénieur-Chimiste, Directeur du Laboratoire de la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, 28, rue Philippe-de-Girard, à Paris. M. F.
- Barbier** (F.), Ingénieur, Constructeur de phares électriques, 82, rue Curial, à Paris. M. F.
- Barbier** (Robert-Paul), de la *Maison Lepère et Barbier*, 125, avenue de Villiers, à Paris.
- Bardon** (Louis), 61, boulevard National, à Clichy (Seine).
- Bardot** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société anonyme des Forges et Fonderies de Montataire*, Fabricant de produits chimiques, 19, passage Duranton, à Paris.
- Bardy** (Ch.), Directeur du Laboratoire au Ministère des Finances, 32, rue du Général-Foy, à Paris. M. P.
- Barillet** (Léon-Fernand), Ingénieur civil, 6, avenue de la Motte-Picquet, à Paris.
- Barker** (George-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie (U. S. A.). M. F. M. P.
- Baron** (H.), Directeur honoraire à l'Administration des Postes et des Télégraphes, 18, avenue de Labourdonnais, à Paris. M. F.
- Barrière** (Just-Gustave-Camille), Ingénieur à la *Compagnie franco-russe des ciments Portland-Pouzzolane artificiels*, à Ekaterinoslaw (Russie).
- Barrière** (Emile), Directeur gérant d'usines à gaz, Membre de la *Société des Ingénieurs civils de France*, à Gournay-Ferrière (Seine-Inférieure).
- Barton** (John-Brunswick), Administrateur de la *Compagnie des lampes à arc Jandus*, 1, rue du Cambodge, à Paris.
- Bary** (Paul), Ingénieur physicien, 5, rue Gay-Lussac, à Paris.
- Basquin** (Jules), Ingénieur à la Société *La Métallurgique*, 1, place de Louvain, à Bruxelles (Belgique).
- Bassée-Crosse**, Fabricant d'instruments de Physique, 92, rue de Bondy, à Paris.

- Basset** (Raoul-Marie-Auguste-Eugène), Élève Ingénieur à l'École supérieure d'Électricité, 13, boulevard Voltaire, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Bassez** (Gaston), Chef de laboratoire à la *Société industrielle des Téléphones*, aux usines *Rattier*, à Bezons (Seine-et-Oise).
- Baudelle** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 51, rue Thiers, à Troyes (Aube). M. F.
- Baudet** (Louis), fabricant de bijouterie, au Moulin à Tan, à Châteaudun (Eure-et-Loir).
- Baudot** (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 1, rue Littré, à Paris. M. F.
- Baudoux-Chesnon** (Lucien-Léon), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, à Port-Marly (Seine-et-Oise).
- Baume-Pluvinel** (Aymar de la), 17, rue de Constantine, à Paris. M. F. M. P.
- Bayette** (Lucien), Ingénieur électricien, 49, rue Ramey, à Paris.
- Bazille** (Albert), Ingénieur des Télégraphes, à Lille (Nord).
- Beau** (Henri), 226, rue Saint-Denis, à Paris. M. F.
- Beaudier** (Albert-Marcel), Ingénieur à la *Compagnie française d'appareillage électrique*, 3, rue de la Véga, à Paris.
- Beaufils** (Magloire-François), Inspecteur des Postes et des Télégraphes en retraite, à Gavray (Manche). M. F.
- Becker** (Barthélemy-Joseph), Constructeur électricien, 71, rue de Bourgogne, à Paris.
- Becquerel** (Henri), Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École Polytechnique et au Muséum, 6, rue Dumont-d'Urville, à Paris. M. F.
- Bede** (Émile), Ingénieur civil, ancien Professeur à la Faculté des Sciences et à l'École des Mines de Liège, 37, rue Philippe-le-Bon, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Béglet** (Armand), Propriétaire, 162, boulevard Haussmann, à Paris.
- Beillens** (Charles), Ingénieur, 111, boulevard de Magenta, à Paris.
- Bellot** (Arsène-Henri), Sous-Archiviste au Conseil d'État, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris. M. F.
- Bélugou** (Victor), Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.
- Bénard** (Louis-Gabriel), Constructeur électricien, 12 et 14, rue Bridaine, à Paris.
- Benoist** (Georges), 169, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Bérard**, Lieutenant de vaisseau, commandant le torpilleur 156, à Bizerte (Tunisie). M. P.
- Berger** (C.), 22, rue Royale, à Paris. M. F.
- Berger** (Georges), Député, Ex-Commissaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en 1881*, Ex-Directeur général de l'Exploitation de l'*Exposition universelle de 1889*, Membre du Conseil de perfectionnement du Conservatoire national des Arts et Métiers, Administrateur délégué de la *Maison Breguet*, 8, rue Legendre, à Paris. M. F. M. D. M. P.
- Bergès** (Aristide), Fabricant de papiers, propriétaire de la station d'éclairage dans la vallée du Grésivaudan, à Lancey, commune de Villard-Bonnot, arrondissement de Grenoble (Isère).
- Bergès** (Gabriel), Constructeur-Électricien, *Maison Bisson, Bergès et Cie*, 7^{bis}, rue Chevallier, à Levallois-Perret (Seine).
- Berget** (Alphonse), Docteur ès Sciences, attaché au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne, 16, rue de Vaugirard, à Paris. M. F.

- Bergon**, ancien Directeur du matériel et de la construction, au Ministère des Postes et des Télégraphes, 56, rue Madame, à Paris. M. F.
- Bergonié** (Jean-Alban), Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, Directeur des *Archives d'Électricité médicale*, 6 bis, rue du Temple, à Bordeaux (Gironde).
- Bernard** (Adrien-Louis), Ingénieur, Constructeur-Électricien, *Maison Deligny et Bernard*, 69, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Bernard** (Alfred), *Maison Breguet*, 40, avenue Duquesne, à Paris.
- Bernard** (F.), 28, rue de la Côte-Saint-Thibault, à Bois-Colombes (Seine). M. F.
- Berne** (Joseph-Marie), Fabricant de Charbons artificiels pour l'électricité, 57, avenue du Maine, à Paris.
- Bernheim** (Edmond), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Société d'Applications Industrielles*, Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones*, de la *Compagnie des Établissements Lazare Weiller*, de la *Société d'Électricité Alioth Buire* et de la *Compagnie industrielle de Traction pour la France et l'étranger*, bureaux : 46, rue de Provence; domicile : 18, rue Pierre-Charron, à Paris.
- Berthon** (Louis-Alfred), Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones*, 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris. M. F.
- Bertin** (André-E.-G.), Ingénieur civil, Directeur commercial de la *Maison G. Ellison*, 41, rue Boursault, à Paris.
- Bertolus** (Charles), Ingénieur électricien, Applications industrielles de l'électricité, fabricant de carbure de calcium, à Bellegarde (Ain).
- Bertrand** (Émile-Louis), Ingénieur de la *Maison E. Faye*, 8, rue Nollet, à Paris.
- Besson** (Léon), ancien Officier de Marine, Sous-Chef de l'Exploitation à la *Compagnie générale transatlantique*, à Alger (Algérie).
- Betts** (Walter), Directeur et Électricien de la *Compagnie française des câbles télégraphiques*, 60, Percy Road, Shepherd Bush, à Londres W. (Angleterre). M. F.
- Bidet** (Victor-Alphonse), Ingénieur civil des Mines, 20, quai de la Mégisserie, à Paris. M. P.
- Bidwell** (Shelford), M. A., F. R. S., Riverstone Lodge, Wandsworth, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Binder** (Henri-Léon), 49, rue Ampère, à Paris.
- Binet** (Paul), Capitaine d'Artillerie adjoint à la Section technique de l'Artillerie, ateliers de précision, 1, place Saint-Thomas-d'Aquin, à Paris.
- Bischoffsheim** (R.), 3, rue Taitbout, à Paris. M. F.
- Bizot** (Joseph), Ancien receveur principal des Postes et des Télégraphes, 35, rue de France, à Gap (Hautes-Alpes). M. F.
- Blakesley** (Thomas-Holmes), M. A., M. Inst. C. E., Honorary Secretary of the *Physiscal Society of London*, 3, Eliot Hill, Lewisham, London, S. E. (Angleterre).
- Blanc** (Édouard), Directeur de la *Société suisse pour la construction d'accumulateurs électriques*, à Marly-le-Grand (Suisse).
- Blanche** (Georges-Joseph-Émile), Directeur commercial de la *Société électrique du Nord*, à Roubaix (Nord).
- Blanchet** (Hector-Augustin), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, *Maison Blanchet frères et Kléber*, à Rives (Isère).
- Blanchon**, Ingénieur, Directeur de la *Société Tudor*, 39, route d'Arras, à Lille (Nord).
- Blazy** (Albert), 15, rue de Turbigo, à Paris.

- Blétry** (Constant), Ingénieur civil, 2, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. F.
- Bloch** (Dr Adolphe), 24, rue d'Aumale, à Paris.
- Bloch** (Emmanuel), Ingénieur principal de la *Maison Breguet*, 4, rue Bara, à Paris.
- Blondeau** (Jules), Électricien, 19, passage Gourdon, à Paris.
- Blondel** (André-Eugène), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service central des Phares, Professeur d'électricité appliquée à l'École nationale des Ponts et Chaussées, 41, avenue de Labourdonnais, à Paris. M. P.
- Blondel** (Louis-André), Constructeur, 49, boulevard Ducange, à Amiens (Somme).
- Blondin** (J.), Professeur au Collège Rollin, Directeur scientifique du journal *L'Éclairage électrique*, 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Blot** (Georges-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 45, rue Cambon, à Paris.
- Bochet** (Adrien-Claude-Antoine-Marie), Ingénieur en chef de la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 14, rue de Passy, à Paris.
- Bocquentin**, Directeur des Télégraphes en retraite, 2, Grande-Route, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.
- Boireaux**, Lieutenant de vaisseau en retraite, à Herblay (Seine-et-Oise). M. F.
- Boisserand** (Philibert), Directeur de la *Station centrale d'Électricité de Compiègne*, 26, rue de Belzunce, à Paris. M. P.
- Boissoudy** (Adrien de), Architecte, 83 bis, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Boistel** (Ernest), Ingénieur-Conseil, Expert près les Cours et les Tribunaux de la Seine, 62, rue Madame, à Paris. M. F.
- Bonaparte** (Prince Roland), 10, avenue d'Iéna, à Paris.
- Bonetti** (Louis), Constructeur électricien, 69, avenue d'Orléans, à Paris.
- Bonfante** (F.), Ingénieur électricien, 271, boulevard Pereire, à Paris. M. F.
- Bonnaffé** (Lucius), à Lacauue, par Castres (Tarn). M. F.
- Bonneau** (Henri), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation adjoint des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, 21, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Bonnefis** (L.), à Valence-d'Agen (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Bonnet** (Enrique), Sagasta, 8, à Cadix (Espagne). M. F.
- Bonnet** (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Rivoli, à Paris.
- Borderel** (Jean), Constructeur, 135, rue de Clignancourt, à Paris.
- Bordet** (Lucien), ancien Inspecteur des Finances, Administrateur de la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry*, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. P.
- Borel** (Dr François), Ingénieur, à Cortaillod (Suisse). M. F.
- Borges** (F.-Julio), Agronome, Rédacteur secrétaire de l'*Agricultura contemporanea*, 30, calcada d'Ajuda, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Borrel** (Georges-Arsène), Horloger mécanicien électricien, 47, rue des Petits-Champs, à Paris.
- Borzecki** (Charles), 9, rue Pierre-Chausson, à Paris.
- Bosscha** (G.), Secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, à Harlem (Pays-Bas). M. F.
- Bouchède** (Jean), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Auch (Gers).
- Boucher** (Ant.), Ingénieur, à Prilly, canton de Vaud (Suisse).
- Boucherot** (Paul), Ingénieur-Conseil, 44, rue Laugier, à Paris.
- Bouchet** (Maurice-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris.

- Bouchon**, Ingénieur à la *Société électrique*, 56, rue de la Victoire, à Paris.
- Bouilhet** (Ch.-H.), Ingénieur manufacturier, 56, rue de Bondy, à Paris.
- Bouillard** (Georges-Léon-Émile), Ingénieur en chef de l'Exploitation des Chemins de fer chinois (réseau de Pékin à Han-Kéou), à Pékin (Chine).
- Boulanger** (Julien), Chef de bataillon du Génie, Chef du dépôt central de la Télégraphie militaire, 25, boulevard du Montparnasse, à Paris.
- Boulardet** (Émile-Louis), Ingénieur, à Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne).
- Bouquet** (Robert-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 25, rue de l'Avenir, à Asnières (Seine).
- Bour** (Paul), Ingénieur en chef de la *Société pour la transmission de la force par l'Électricité*, 59, avenue Kléber, à Paris.
- Bourdin** (Charles-Louis), 13, avenue de la République, à Paris. M. F.
- Bourguignon** (Paul), Sous-Chef des Travaux à l'École supérieure d'Électricité, 3^{bis}, boulevard Saint-Marcel, à Paris.
- Boursault** (Henri-Alexandre-Octave), Chimiste au *Chemin de fer du Nord*, 10, rue Stephenson, à Paris. M. F.
- Bouts** (Étienne-Alfred), Ingénieur civil, 60, rue Bayard, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Bouty** (E.), Professeur à la Faculté des Sciences, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris.
- Bouvarel** (Lucien), Électricien, 7, rue Passet, à Lyon (Rhône).
- Bouvjer** (Ad.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur éclairagiste, Ingénieur au bureau de M. Th. Vautier, 46, rue Centrale, à Lyon (Rhône).
- Bovet** (A. de), Administrateur-délégué de la *Société générale de touage et de remorquage*, 3, avenue du Coq, à Paris.
- Braby** (Frédéric), F. G. S., Bushey Lodge, Teddington, London W. (Angleterre). M. F.
- Brachet** (Henri), Ingénieur électricien, 12, rue Lesueur, à Paris. M. F.
- Brachotte** (Arsène-Victor), Ingénieur de la *Maison Hillairet-Huguet*, 4, boulevard de la Villette, à Paris.
- Brait de la Mathe** (Étienne-Gaston), de la *Maison B. de la Mathe et Cie*, usine de Gravelle, à Saint-Maurice (Seine).
- Brancion** (Louis-Marie-Josseran de), Ingénieur, 96, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Branly** (Édouard), D^r ès Sciences, D^r en Médecine, 21, avenue de Tourville, à Paris. M. F.
- Bratasiano** (Constantin), 8, rue d'Hauteville, à Paris.
- Brault** (Camille), Ingénieur civil des Mines, 18, quai de Clichy, à Clichy (Seine).
- Brémont** (Henri-Georges), ancien élève de l'École Centrale et de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 5, rue Claude-Bernard, à Paris.
- Bresson** (L.), Ingénieur électricien, 1^{bis}, rue de l'Élysée, à Grenoble (Isère). M. F.
- Brillié** (Lucien-Victor), Ingénieur électricien, 64, boulevard Bineau, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Brillouin** (André), Ingénieur-Conseil, 2, rue de Lisbonne, à Paris.
- Brillouin** (Marcel), Maître de Conférences à l'École Normale supérieure, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris.
- Brison** (Henri-Louis), Directeur de la *Société d'entreprises électriques*, 20, chemin de la Poterie, à Genève (Suisse).

- Brocq**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Directeur de la *Compagnie des Compteurs et Matériel d'usines*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris.
- Brout** (Lucien-Édouard), Électricien, 34, rue des Vinaigriers, à Paris.
- Brugnaud**, Contrôleur des Télégraphes en retraite, 63, rue Pasteur, à Dôle (Jura).
- Bruhl** (Paul), Négociant, 57, rue de Châteaudun, à Paris.
- Brüll** (Achille), Ingénieur civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, 117, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Brunswick** (Ernest-Jacques-Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des ateliers de la *Maison Breguet*, 3, boulevard Vauban, à Douai (Nord).
- Brylinski** (Émile), ancien Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, Secrétaire général de la *Société anonyme d'Éclairage électrique* du secteur de la place Clichy, 3, rue Édouard-Detaille, à Paris.
- Buffet** (Ernest), Ingénieur, 25, rue de Bruxelles, à Paris.
- Burton** (Charles), Chef des ateliers à l'usine des tramways d'Oullins, 29, quai de la Guillotière, à Lyon (Rhône).
-
- Cabirau** (Henri-François), Administrateur délégué de la *Compagnie française de charbons pour l'Électricité*, 53, rue de Châteaudun, à Paris.
- Cabral** (Paulo-Benjamin), Inspecteur général des Télégraphes du Portugal, Professeur d'Électrotechnie à l'Institut industriel de Lisbonne, 20, rua do Duque de Bragança, à Lisbonne (Portugal).
- Cadiot** (E.-H.), Constructeur électricien, 12, rue Saint-Georges, à Paris. M. F.
- Cadiou** (Félix), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Alger (Algérie). M. F.
- Cailhava** (Édouard), Ingénieur civil, 8, cours de Gourgues, à Bordeaux (Gironde).
- Cailho**, Ingénieur des Télégraphes, 111, rue Mozart, à Paris. M. P.
- Cailleret** (Henry), Inspecteur principal des Postes et des Télégraphes, 21, avenue de Tourville, à Paris. M. F.
- Callu** (Alcide-Raphaël), Chimiste, Directeur du Laboratoire de la *Société de Laiterie des Fermiers réunis*, 31, rue de Poissy, à Paris.
- Calvé** (Fernand-Christophe), Ingénieur des Arts et Manufactures, 5, rue Sontay, à Paris.
- Caméré** (A.), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, 17, rue d'Aligre, à Chatou (Seine-et-Oise). M. F.
- Camichel** (Charles-Moïse), Maître de Conférences, Directeur du laboratoire de Physique industrielle à l'Université de Lille, 1, rue des Fleurs, à Lille (Nord).
- Camproger** (Maurice), Ingénieur électricien, Secrétaire du Conseil d'administration de la *Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force*, 238, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.
- Cance** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 177, rue Lafayette, à Paris.
- Cance** (Alexis), Ingénieur électricien, 5, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris.
- Canet** (J.-B.-Gustave-Adolphe), Directeur de l'*Artillerie de MM. Schneider et C^{te}*, 1, boulevard Malesherbes, à Paris. M. P.
- Caplain de Saint-André** (Frédéric), Industriel, 10 et 12, rue Portefoin, à Paris.
- ardot** (Abel), Vice-Président du Tribunal civil, 50, rue de Rovigo, à Alger (Algérie). M. F.

- Carpentier** (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, à Paris. M. F. M. D. M. P.
- Carré** (Jean-Gustave), 13, rue Soufflot, à Paris.
- Casalonga** (D.-A.), Ingénieur civil, Directeur de la *Chronique industrielle*, 15, rue des Halles, à Paris. M. F.
- Cassin** (Marie-Auguste-Eugène), Ingénieur civil des Mines, chargé du Service électrique au Crédit Lyonnais, 99, rue de Rennes, à Paris.
- Castan** (Adrien), Ingénieur civil, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Castanheira das Neves**, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Castanheira das Neves** (J.-F.), Attaché à la Légation de S. M. le Roi du Portugal, 17, avenue Friedland, à Paris.
- Castel** (R.-L.), Ingénieur, 113, boulevard Soult, à Paris.
- Cattaneo** (commandeur Robert), Administrateur délégué della *Società di Monteponi*, 51, via Ospétale, à Turin (Italie). M. F.
- Cavellier de Mocombre** (Charles), Ingénieur-mécanicien, 83, boulevard Magenta, à Paris.
- Cedergren** (Henrik-Thore), Directeur de la *Société générale des Téléphones*, à Stockholm (Suède).
- Chabert** (Léon), 3, place Victor-Hugo, à Paris. M. F.
- Chabrier** (E.), Ingénieur civil, Administrateur de la *Compagnie générale transatlantique*, 96, boulevard Haussmann, à Paris. M. F.
- Chaligny** (Gabriel-Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur-Mécanicien, 54, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
- Chalufour** (Achille), Ingénieur, rue Cousin-Despréaux, à Dieppe (Seine-Inférieure).
- Chambost** (Pierre-Jules-Eugène-Édouard), au Perreux (Seine).
- Chambre** (Alan), M. I. C. E., 20, Embankment Gardens Chelsea S. W. London (Angleterre). M. F. M. P.
- Chambreleut** (Alphonse), Ingénieur à la *Compagnie parisienne du Gaz*, 7, rue Gounod, à Paris.
- Chameroy** (Hippolyte), Électricien, 89, avenue Centrale, au Vésinet (Seine-et-Oise). M. F.
- Chamon** (Gabriel), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.
- Chanson** (Léopold), à Condom (Gers). M. F.
- Chapat** (Charles), Directeur d'usines à gaz, Secrétaire du Sous-Comité de Marmande à l'Exposition de 1900, Juge au tribunal de Commerce, à Marmande (Lot-et-Garonne). M. P.
- Chaperon** (Charles-Émile), Ingénieur, Chef de division aux chemins de fer P.-L.-M., 11, rue Roquépine, à Paris. M. F.
- Chapsal** (François-Jules), Ingénieur des Services techniques de l'exploitation de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 3, place des Batignolles, à Paris.
- Chardin** (Charles), Ingénieur électricien, 5, rue de Châteaudun, à Paris.
- Chardonnet** (comte Hilaire de), ancien élève de l'École Polytechnique, 43, rue Cambon, à Paris.
- Chargnioux** (Charles), Représentant de la *Société industrielle des Téléphones*, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).

- Charlon** (Julien), Délégué aux Services spéciaux de l'Exposition universelle de 1900 (Section française), 81, rue d'Amsterdam, à Paris.
- Chassevent** (Henry-Marie-Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, boulevard de Magenta, à Paris. M. F.
- Chaufour** (Eugène), Ingénieur électricien, E. C. P., 14, place de Laborde, à Paris.
- Chauvat** (Henri), Chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité, 26, avenue du Maine, à Paris.
- Chaussonnet** (Henri), Ingénieur électricien, Directeur de la Compagnie Électro-Mécanique, 11, rue Duperré, à Paris.
- Chauvassaignes**, Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Château de Mirefleurs, les Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme). M. F. M. P.
- Chauvelon**, Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 157, boulevard de Strasbourg, au Havre (Seine-Inférieure).
- Chauvin** (Raphaël), Constructeur d'appareils électriques, 186, rue Championnet, à Paris.
- Chaye** (Théophile-Joseph-Eugène), Officier de Marine en retraite, Pacha, Général de brigade du Génie ottoman, tunnel Han, 9, rue Zumbal, à Constantinople (Turquie).
- Chêneau** (Emmanuel), à la Bourboule (Puy-de-Dôme).
- Chéron** (J.), Lieutenant de vaisseau, au Ministère de la Marine, 2, rue Royale, à Paris.
- Cheronnet** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, 132, avenue de Wagram, à Paris.
- Chertemps** (Charles), Ingénieur, Représentant exclusif pour le Nord, Centre-Nord et Est de la France de la Maison Couffinhal et fils de Saint-Étienne, 29, rue de Londres, à Paris.
- Cheswright** (Henry-Tyrer), Oardene Woodlesford, près Leeds (Angleterre).
- Cheux** (Pierre-Antoine-Marie), ex-Pharmacien major de l'armée, Officier de la Légion d'Honneur, 9, avenue de Paris, à Châtillon-sous-Bagneux (Seine). M. F.
- Chevallier** (Charles-Henry), Préparateur de Physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux, 61, rue Clément, à Bordeaux (Gironde).
- Chevrier** (Louis-Georges), Ingénieur à l'Usine centrale du Secteur électrique de la rive gauche de Paris, 41, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Cheylyus**, Directeur de l'Office des Postes et des Télégraphes de la Régence de Tunis, à Tunis (Tunisie). M. F.
- Choquette** (abbé C.-P.), Professeur de Physique, à Saint-Hyacinthe (Canada). M. F.
- Chrétien** (Paul-Charles), Inspecteur de l'éclairage électrique de la Ville de Paris, 15, rue de Boulainvilliers, à Paris.
- Christofle** (Paul), 56, rue de Bondy, à Paris. M. F.
- Cini** (Giusoppe), Ingénieur électricien, Piezza, S. S., Piétro, E. Lino, 4, à Milan (Italie).
- Clamond** (C.), Ingénieur électricien, 15, rue Picot, à Paris. M. F.
- Claret** (J.), Entrepreneur de Travaux publics et d'Électricité, 29, boulevard Magenta, à Paris.
- Claude** (Georges), Ingénieur électricien, Attaché à l'usine des Halles, 1, rue de la Concorde, au Perreux (Seine).
- Clausonne** (Alfred de), Ingénieur, 131, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Cleghorn** (John), 3, Spring Gardens, London S. W. (Angleterre). M. F.
- Clémançon** (Édouard), Ingénieur, Président de la Compagnie générale de travaux d'Éclairage et de Force, 23, rue Lamartine, à Paris.

- Clérac** (Hippolyte), Directeur-Ingénieur des Télégraphes en retraite, 49, rue d'Alésia, à Paris. M. F.
- Clerc** (François-Alexandre-Amédée), Ingénieur Conseil des *Hauts Fourneaux de Saint-Louis-Marseille*, 38, rue du Bac, à Paris.
- Clerc** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de l'Exploitation du *Secteur Edison*, 8, rue du Faubourg-Montmartre, à Paris. M. F.
- Clifton** (Robert-Bellamy), F.R. S., Professor of experimental Philosophy in the University of Oxford, 3, Bardwell road, Banbury road, à Oxford (Angleterre). M. F. M. P.
- Closset** (Émile), Ingénieur, 26, rue Saint-Jean, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Cochery** (Adolphe), Sénateur, 38, avenue d'Iéna, à Paris. M. F. M. H.
- Coincy** (Léon de), 9, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Coiseau** (L.), Ingénieur civil, 120, avenue des Champs-Élysées, à Paris. M. F. M. P.
- Colin** (Jean-Baptiste), Contremaitre électricien de la *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 29, rue Chevert, à Paris.
- Colin** (Louis-Victor), Administrateur-Gérant des usines, fonderies et manufactures de la *Société du Familistère de Guise*, à Guise (Aisne).
- Colusse** (Edmond-Magloire), Électricien, 12, rue Victor-Hugo, à Suresnes (Seine).
- Comerma** (Andrés-A.), Inspecteur du Génie maritime, au Ferrol (Espagne). M. F.
- Compagnie houillère** (le Directeur de la), à Bessèges (Gard). M. F.
- Constantinowitch** (Apollon-Wassiliewitch), Ingénieur technologue, Morosseika, *Maisons Leonof*, à Moscou (Russie).
- Conti** (A.-E.), Électrotechnicien, via Saint-Ugon, 4, à Gênes (Italie). M. F.
- Corbin** (Paul), Industriel, ancien Élève de l'École Polytechnique, à Chedde, par Salanches (Haute-Savoie).
- Cornet** (J.), 3, cité Milton, rue Milton, à Paris.
- Cornu** (Marie-Alfred), Membre de l'Institut, 9, rue de Grenelle, à Paris. M. P.
- Cornuault**, Directeur de la *Compagnie du Gaz de Marseille*, ancien Président de la *Société technique de l'Industrie du gaz en France*, 6, rue Le Peletier, à Paris.
- Corsol** (Adolphe-Pierre), Chef mécanicien à la *Sucrerie centrale de Meaux*, à Villenoy (Seine-et-Marne).
- Cosmovici** (Alexandre-C.), Ingénieur E. C. P., Ingénieur en chef, Sous-Chef du Service de la traction des Chemins de fer de l'État Roumain, 107, calea Victoriei, à Bucarest (Roumanie). M. F.
- Costa** (Joseph), Ingénieur-Expert, 13, rue Estelle, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Cottard** (Jean-Baptiste), Ingénieur électricien, 30, rue de la Chaise, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Coulon** (R. de), Ingénieur-électricien, Fabrica Uruguay-Concordia (entre Rios) (République argentine). M. F. M. P.
- Courjon** (D^r A.), à Meyzieu (Isère). M. F.
- Courquin** (abbé Art.-J.), Professeur de filature à l'*École industrielle*, à Tourcoing (Nord). M. F.
- Courtél** (abbé Léopold-Marie), Aumônier à Chaudebeuf, par Saint-Hilaire-des-Landes (Ille-et-Vilaine). M. F.
- Courtois** (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service technique à la *Société industrielle des Téléphones*, 23, rue La Fontaine, à Paris.
- Courtois** (Louis), Ingénieur de la *Compagnie R. asturienne*, à Auby-lès-Douai, par Flers-Dorignies (Nord). M. F.

Cousin (Émile-Félix), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 75, avenue Wagram, à Paris.

Couteux (Léon), 57, rue des Archives, à Paris. M. F.

Couvreur (Abel), 78, rue d'Anjou, à Paris.

Crapon (Denis), ancien Élève de l'École Polytechnique, Expert près le Tribunal civil, 2, rue des Farges, à Lyon (Rhône). M. F.

Cribier (Marcel), Industriel, 77, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris.

Criquebeuf (Édouard-Gaston), Directeur de l'usine de la *Compagnie française de la Soie parisienne*, 52, boulevard Lamouroux, à Vitry-sur-Seine (Seine).

Croizier (A.-H.), Ingénieur civil, Agent commercial de la *Société industrielle des Moteurs électriques et à vapeur*, 38, rue de Berlin, à Paris.

Crompton (R.-E.), Électricien, à Chelmsford, comté d'Essex (Angleterre). M. F.

Crova (André), Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, 14, rue du Carré-du-Roi, à Montpellier (Hérault). M. F.

Cruise (Edward-Gérald), Ingénieur électricien, Assoc. Inst. E. E. Londres, 35, Burlington Rd., Bayswater, London W. (Angleterre).

Cuan (Charles), Élève à l'École nationale supérieure des Mines, 137, boulevard de Magenta, à Paris.

Curie (Pierre), rue des Sablons, à Sceaux (Seine). M. F.

Dabren (Albert-Jean-Louis), Élève à l'École nationale supérieure des Mines, 83, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Damien (B.-C.), Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, à Lille (Nord).

Damoiseau (Jean-Baptiste-Gaston), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société anonyme de Locomotion électrique*, 2 bis, rue du Bac, à Asnières (Seine).

Daniell (Francis-W.-B.), M. I. E. E., care of M. M. Hickie, Borman and C^o, 14, Waterloo Place Pall Mall, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Darcq (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris. M. F.

Dareste de la Chavanne (Edmond-Charles-Cléophas), Ingénieur à la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson Houston*, 10, boulevard Raspail, à Paris.

Daries (Aristide), Ingénieur électricien, 32, rue Montpensier, à Pau (Basses-Pyrénées). M. F.

Darlu de Roissy, Ingénieur, 94, rue Jouffroy, à Paris.

Darriens (Pierre-Joseph-Gabriel-Georges), Capitaine de frégate, 2, rue Royale, Paris.

David (Charles-Narcisse), Ingénieur, Chef de Travaux au Laboratoire central d'Électricité, 153, avenue de Suffren, à Paris.

David (Louis-Alexandre), *Societat catalana d'Electricidad*, 20, calle Vilanova, à Barcelone (Espagne).

Debeauve (Paul), 142, boulevard Raspail, à Paris. M. F.

Debionne (Emile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur des Services électriques au chemin de fer du Nord, à Lille (Nord).

De Boulloche (Alfred), 6, rue des Petits-Hôtels, à Paris.

Dehenne (Georges), Ingénieur civil (E. C.), 36, rue Saint-Didier, à Paris. M. F.

- Dehesdin**, Administrateur-directeur de la *Société des Établissements Henry Lepaute*, 11, rue Desnouettes, Paris.
- Déjardin** (Jules-Adrien), Horloger-Mécanicien-Électricien, Compteurs d'énergie électrique, appareils de précision, passage Meslay, 25, boulevard Saint-Martin, à Paris.
- Delage**, Lieutenant de vaisseau, commandant l'*Isère*, à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
- Delaporte** (Paul-Émile), Ingénieur civil, 31, rue Demours, à Paris.
- Delaunay** (Ernest-Baptiste), Galvanoplaste, 12, rue Saint-Gilles, à Paris.
- Delaunay-Belleville**, Ingénieur-Constructeur, Membre de la Commission centrale des Machines à vapeur, 17, boulevard Richard Wallace, à Neuilly-sur-Seine. M. F.
- Delgay** (Louis), Ingénieur civil, Directeur des Stations centrales d'Électricité d'Argelès-Gazost et Heid fils frères et C^e, à Canterets, 31, rue Porte-Neuve, à Pau (Basses-Pyrénées).
- Deligny** (Jules-Louis), Ingénieur-Constructeur électricien, *Maison Deligny et Bernard*, 104, rue Lauriston, à Paris.
- Demarchi** (Lamberto), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome (Italie). M. F.
- Dennis** (Félix), 147, rue Victor-Hugo, au Havre (Seine-Inférieure). M. F.
- Deplanque** (A.), Ingénieur civil, Directeur d'Usines à gaz, 13, rue Victor-Hugo, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Derry** (Fortuné-Jules), Directeur de la Station d'éclairage et d'énergie électrique à la station centrale d'Électricité, à Amiens (Somme).
- Descamps** (Georges), 5, rue de l'Aqueduc, à Paris.
- Deslandres** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Pontoise (Seine-et-Oise).
- Desombre** (Paul-Édouard-Gaspard), Ingénieur des Arts et Manufactures, 886, Hasel, Baden (Suisse).
- Desroziers** (E.), Ingénieur électricien, ancien élève breveté de l'École supérieure des Mines de Paris, expert près les Tribunaux de la Seine, 10, avenue Frochot, à Paris. M. F.
- Desruelles** (Lucien), Ingénieur civil, Constructeur électricien, 22, rue Laugier, à Paris. M. F.
- Desson** (Georges-Alfred), Ingénieur, Représentant de MM. *Sautter, Harlé et C^e*, et *A. Piat et ses fils*, 7, boulevard du Huit-Octobre, à Saint-Quentin (Aisne).
- Détroyat** (J.-M.-T.-A.), Ingénieur adjoint au Directeur du Métropolitain, 9, rue Descamps, à Paris.
- Deutsch** (Émile), 54, avenue d'Iéna, à Paris. M. F.
- Dhien** (Étienne), Mécanicien électricien, télégraphe, 56, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
- Dierman** (William), Ingénieur, 1, rue Saint-Léonard, à Liège (Belgique).
- Dieudonné** (Émile), Ingénieur civil des Mines, 95, rue Perronet, à Neuilly (Seine). M. F.
- Dirvell** (Georges), attaché à l'inspection du matériel et de la traction de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 153, boulevard Muret, à Paris.
- Doignon** (Louis), Ingénieur-Constructeur, Successeur de la *Maison Dumoulin-Froment et Doignon*, 85, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Domange** (Albert), Fabricant de courroies pour machines, 74, boulevard Voltaire, à Paris.
- Domon** (Ovide), Ingénieur électricien, Chef du Service électrique de la *Maison Joseph Farcot*, 6, rue Montesquieu, à Asnières (Seine).
- Dommer** (Fernand), Professeur, 12, rue Poisson, à Paris. M. F.
- Doyer** (H.), Ingénieur électricien, 40, rue Phœnixstraat, à Delf (Pays-Bas).
- Drago** (Lazare-Ange), Inspecteur des Télégraphes, à Ajaccio (Corse). M. F.
- S. 5

- Drin** (Léon-François-Victor), Sous-Inspecteur du matériel et de la traction à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 5, rue Saint-Denis, à Asnières (Seine).
- Droguet** (Charles), Ingénieur des Télégraphes, 35, rue Rodrigues-Péreire, à Bordeaux (Gironde). M. F.
- Drzewiecki** (Stephane), Ingénieur, 5, villa Damont, rue des Bauches, à Paris.
- Dubois** (Edmond), Professeur de Physique, 31, rue Cozette, à Amiens (Somme). M. F.
- Dubois** (Henri), 19, rue de Berri, à Paris, et à Dinart-Saint-Enogat (Ille-et-Vilaine).
- Dubranle** (A.), Constructeur électricien, 49, rue Notre-Dame-de-Nazareth, à Paris.
- Ducastel** (C.), Électricien, 61, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Duchesne** (Eugène-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 25, rue des Petits-Hôtels, à Paris.
- Ducommun** (André), Directeur de la *Société régionale d'éclairage électrique*, à Avignon (Vaucluse).
- Ducoussou** (Th.), Ingénieur, 3, rue Sainte-Beuve, à Paris. M. F.
- Ducretet** (E.), Constructeur électricien, Vice-Président du Syndicat des industries électriques, 75, rue Claude-Bernard, à Paris. M. F.
- Duez** (G.), Ingénieur en chef de l'Exploitation des tramways de Roubaix et Tourcoing, 19, boulevard de Cambrai, à Roubaix (Nord).
- Dufay** (Adrien), Chimiste, 7, rue Barbette, à Paris.
- Duflon** (Louis), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Viborgskaia Storona, neuchlotski pereoulouk, 5, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Dujardin** (P.-J.-R.), Héliographe, Ingénieur Conseil de la *Société française de construction d'accumulateurs électriques*, 28, rue Vavin, à Paris. M. F.
- Dulait** (Julien), Administrateur-Gérant de la *Société anonyme d'Électricité et Hydraulique*, à Charleroi (Belgique).
- Dumont** (G.), Ingénieur électricien, Ingénieur des Services techniques de l'Exploitation des Chemins de fer de l'Est, Professeur à l'École des hautes études commerciales, ancien Secrétaire des Comités de la Classe 62 à l'Exposition universelle de 1889, 110, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. M. F.
- Du Mont** (Alexis-Victor-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la *Compagnie Electro-Mécanique*, 68, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Dunarintzu** (Petré), Officier de la Marine royale roumaine, à Galatz (Roumanie).
- Dunion** (Louis), Inspecteur des Télégraphes, 34, rue Lacretelle, à Mâcon (Saône-et-Loire). M. F.
- Duquenoy** (Gustave-Louis), 2, rue du Château, à Saint-Omer (Pas-de-Calais). M. F.
- Durand** (Albert), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris.
- Dussaut** (François), 4, rue Alfred-Stevens, à Paris, et à Sauveterre de Guyenne (Gironde). M. F.
- Duval** (Charles-Léon), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 16, boulevard d'Enghien, à Argenteuil (Seine-et-Oise).
- Dvorak** (Vincent), Professeur de l'Université croate, à Agram (Autriche).
-
- Ebel** (Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Compagnie d'Eclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 92, boulevard de Courcelles, à Paris.

- Eck** (Néhémie), Ingénieur civil, 5, boulevard Pereire, à Paris.
- Edelstein** (Serge), Ingénieur électricien du chemin de fer de Moscou-Kursch, à Moscou (Russie).
- Egli** (Arthur), Industriel, 71, boulevard Magenta, à Paris.
- Eglin** (L.), Receveur des Postes et des Télégraphes, à Vincennes (Seine). M. F.
- Eligio-C.-Fernandez**, Ingénieur, Direction centrale de la lumière électrique à Chiclana (Espagne).
- Ellison** (Georges), Ingénieur électricien, 33, rue de l'Entrepôt, à Paris.
- Emery** (Louis), 59, rue Bonaparte, à Paris. M. F.
- Emmens** (Stephen-Henry), D. C. L., etc., 1, Broadway. New-York City, New-York (États-Unis). M. F.
- Emmott** (Walter), *Northern Telegraph Works*, Halifax, Yorkshire (Angleterre). M. F.
- Ermel** (Frédéric), 153, rue de Rome, à Paris. M. F.
- Escalante** (Docteur José), Professeur à l'Institut de Santander (Espagne).
- Eschbaecher**, Sous-Directeur du *Bureau international des Administrations télégraphiques*, à Berne (Suisse). M. F.
- Eschwège**, Directeur de la *Société anonyme d'éclairage et de force par l'Électricité*, 13, rue La Fayette, à Paris.
- Fabri** (Ruggiero), Président du Collège des Ingénieurs de la province de Ravenne, 314, via Dante, à Ravenne (Italie). M. F.
- Fahie** (J.-J.), 60, boulevard Waterloo, à Bruxelles (Belgique). M. F. M. P.
- Faramond de Lafajole** (Roger-Pierre-Joseph de), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Société des moteurs à pétrole ordinaire pour l'éclairage électrique*, 14, cité Vaneau, à Paris.
- Fargues** (J.), Membre de la *Société asiatique de Paris*, M. S. T. E., etc., Grande-Rue, 36, à Enghien (Seine-et-Oise). M. F. M. P.
- Farman** (Dick), Ingénieur électricien, Mécanicien, Ingénieur de la *Société Hermite*, 53, rue Lafayette, à Paris. M. P.
- Fasse** (J.-E.), 12, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.
- Fauché** (Jean-Camille), Électricien de la Maison *Vilmorin-Andrieux*, 20, rue de la Reynie, à Paris.
- Fauconnier**, Ingénieur, 2, rue Verte, à Orléans (Loiret). M. F.
- Faugier** (Prosper), Capitaine au 58^e régiment d'infanterie, à Avignon (Vaucluse).
- Faure** (Pierre), Ingénieur mécanicien, place du Champ-de-Foire, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.
- Faure-Miller** (Dr Roland), Ancien interne des hôpitaux de Paris, lauréat de la Faculté de Médecine de Paris, 8, rue Miromesnil, à Paris. M. F.
- Faux** (Léon), Gérant du Peignage de laine à la Galopierie-sur-Anor, à Anor (Nord).
- Fayard** (Prosper), Juge suppléant, 35, avenue Denfert-Rochereau, à Saint-Étienne (Loire). M. F.
- Faye** (A.-H.), Membre de l'Institut, 95, avenue des Champs-Élysées, à Paris. M. F. M. H.
- Fayot** (Louis), Ingénieur, Directeur des ateliers de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris.

- Félix** (C.), Ingénieur électricien, à la Sucrerie de Sermaize (Marne). M. F.
- Felten et Guillaume**, Ingénieurs constructeurs, Électriciens, Carlswerk, à Mulheim-sur-Rhin (Allemagne). M. F.
- Ferry** (Émile-Maurice), Électricien, Mécanicien breveté de 1^{re} classe, Mécanicien des Postes et Télégraphes (central), 80, boulevard de la Major, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Fesquet** (Émile), Ingénieur électricien, 104, rue des Boulets, à Paris. M. F.
- Fillet** (J.-W.-E.), Ingénieur électricien, 47, rue Pocard, à Levallois-Perret (Seine).
- Filloul-Brohy** (Georges), Directeur associé de la *Maison Houry et Cie*, 60, rue de Provence, à Paris.
- Fitzgerald** (George-Francis), School of Engineering, Trinity College, à Dublin (Ireland). M. F.
- Foiret** (Anatole), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.
- Fontaine** (Auguste), Rentier, 67, rue de la Boétie, à Paris.
- Fontaine** (Eugène-Paul), Ingénieur-Conseil, Secrétaire général du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité, 27, rue Tronchet, à Paris.
- Fontaine** (G.), Instruments de Physique et de Chimie, 18, rue Monsieur-le-Prince, à Paris.
- Fontaine** (Hippolyte), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société Gramme*, 52, rue Saint-Georges, à Paris. M. D. M. P.
- Fonville** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Officier d'Académie, 26, rue Duroc, à Paris.
- Forbes** (Professeur George), M. A., F. R. S., 34, Great George Street, Westminster, London, S. W. (Angleterre).
- Fortin-Herrmann** (Adolphe), 138, boulevard du Montparnasse, à Paris. M. F.
- Fould** (Léon), 30, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. M. F.
- Foureault** (Alfred), Ingénieur à la *Société générale des industries économiques*, 101, avenue de Labourdonnaïs, à Paris.
- Fournier** (Victor), Ingénieur électricien, 4, rue Bellegarde, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Foveau de Courmelles** (D^r), Lauréat de l'Académie de Médecine, Licencié ès Sciences physiques, ès Sciences naturelles, en Droit, Professeur libre d'Électrothérapie, 26, rue de Châteaudun, à Paris.
- Foy** (Fernand), Ingénieur de la succursale de l'*Action Electricitäts Gesellschaft vormals W. Lahneyer et Cie*, Francfort-Main; 34, strada Dionisie, à Bucarest (Roumanie).
- François** (Jules-Victor), Ingénieur-Électricien, Directeur de la *Maison Gally et Viette* (succursale de Cannes), 89, rue d'Antibes, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Frédéric-Moreau** (F.), Ingénieur civil des Mines, 98, rue de la Victoire, à Paris. M. F.
- Fribourg** (G.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes en retraite, 11, place Malesherbes, à Paris. M. F.
- Frings** (Maurice), Cotons à coudre L. V., 106, rue Saint-Denis, à Paris. M. F.
- Frison fils** (Émile), Applications industrielles de l'électricité, aux forges de Bologne. (Haute-Marne). M. F.
- Frouin** (André), Ingénieur des Télégraphes, 64, rue Madame, à Paris. M. F.

- Gaiffe** (Georges), Ingénieur électricien, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris. M. F.
- Gallice** (Georges), ancien Élève de l'École Polytechnique, 10, rue d'Anjou, à Paris. M. F.
- Gallini** (Aristide), Capitaine de vaisseau en retraite, à Granville (Manche).
- Galliot** (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 45, rue Saint-Philibert, à Dijon (Côte-d'Or).
- Gally** (Georges), Électricien, 20, rue Baudin, à Paris. M. F.
- Gamard** (Gustave), Professeur à l'*Association philotechnique*, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris.
- Gamare** (abbé), Fondateur de l'Orphelinat de Rolleville, par Montivillière (Seine-Inférieure). M. F. M. P.
- Gariel** (C.-M.), Professeur à la Faculté de Médecine, 6, rue Edouard-Detaille, à Paris. M. F.
- Garnier** (Hubert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 26, rue Boursault, à Paris.
- Garnier** (Paul), Horloger mécanicien, Fabricant d'horlogerie électrique, 16, rue Taitbout, à Paris. M. F.
- Gatehouse** (T.-E.), A. M. I. C. E.; M. I. E. E.; M. I. M. E., *Editor Electrical Review*, 4, Ludgate hill, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Gaulne** (de), Ingénieur électricien, rue Vital-Carles, à Bordeaux (Gironde).
- Gaultier** (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-d'Urville, à Paris.
- Gaumont** (Léon), Directeur du *Comptoir général de Photographie*, 57, rue Saint-Roch, à Paris.
- Gaumy** (René-Marcel), ancien Élève de l'École Supérieure d'Électricité, Ingénieur électricien, villa Bellocq, quartier Saint-Léon, à Bayonne (Basses-Pyrénées). M. P.
- Gaupillat** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 13, place des Vosges, à Paris.
- Gautard** (Pierre), Ingénieur aux *Usines du Creusot*, 6, rue de l'Abbé-Perrot, au Creusot (Saône-et-Loire). M. F.
- Gauthier** (Gustave), Ingénieur civil, Directeur technique de la *Société française d'énergie électrique*, 219, boulevard Voltaire, à Paris.
- Gauthier-Villars**, ancien Élève de l'École Polytechnique, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.
- Gautier** (Georges), Docteur en Médecine, Directeur du Laboratoire d'Électrothérapie, 13, rue Auber, à Paris.
- Genteur** (D.-A.), Ingénieur civil, 88, boulevard de Versailles, à Suresnes (Seine).
- Geoffroy** (Eugène), Manufacturier, 2, rue Portalis, à Paris. M. F.
- Gérard** (Eric), Directeur à l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 43, rue Saint-Gilles, à Liège (Belgique).
- Gérard-Lescuyer** (J.-M.), Ingénieur constructeur, 16, rue des Grandes-Carrières, à Paris. M. F.
- Gérente** (Dr William), 28, rue Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Gibbings** (Alfred-H.), Ingénieur et Directeur technique de la *Station d'Électricité municipale de Bradford*, Hôtel de Ville, à Bradford (Angleterre).
- Gil de los Reyes** (Federico), Directeur-gérant de la *Fabrique de Gaz et d'Électricité* Enrique de las Marinas, 11, à Cadix (Espagne).
- Gilbert** (Eugène), Chimiste, Directeur-Gérant de l'Établissement métallurgique de la *Société des Joailliers, Bijoutiers et Orfèvres*, 39, rue des Francs-Bourgeois, à Paris.

- Giltay** (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 202, Oude Delft, à Delft (Pays-Bas).
- Gin** (Gustave), Administrateur de la *Compagnie électrométallurgique des procédés Gin et Leleux*, 1, rue Rouget-de-l'Isle, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Girard** (Charles), Directeur du *Laboratoire municipal*, 2, rue de la Cité, à Paris.
M. F.
- Girard** (Constant-Louis), Ingénieur à la *Compagnie Électro-Mécanique*, 5, boulevard Henri IV, à Paris.
- Girault** (Paul-Eugène), Ingénieur électricien, 75, rue du Cherche-Midi, à Paris.
- Gladstone** (Dr John Hall), F. R. S., 17, Pembroke Square, London (Angleterre).
M. F. M. P.
- Glasewski** (A.), 56, rue Château-Landon, à Paris.
M. F.
- Godfroy** (Fernand), Directeur des Postes et des Télégraphes, hors cadre, Directeur des Services de la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, à Brest (Finistère).
- Godron** (Paul), Inspecteur général du Génie maritime, 18, rue du Vieux-Colombier, à Paris.
M. F.
- Goirand** (Léonce), Avoué à la Cour d'appel, 15, rue des Saints-Pères, à Paris.
M. F.
- Goldschmidt** (Dr), 20, Johannistrasse, à Berlin (Allemagne).
M. F.
- Goldschmidt** (Léopold), 10, rue Murillo, à Paris.
M. F.
- Goldsmith** (Ferdinand), Ingénieur des ateliers de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 22, rue Mozart, à Paris.
- Gossart** (Émile), Professeur à la Faculté des Sciences, à Bordeaux (Gironde).
- Gosselin** (Xavier), Chef des travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Société internationale des Électriciens*, 12, rue de Saint-Quentin, à Paris.
- Goubaux** (Gaston-Xavier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur au Service technique de la *Société générale électrique et industrielle*, 71, rue de la Tour, à Paris.
- Goubé** (Albert), Ingénieur à la *Compagnie parisienne du Gaz*, 23, rue d'Hauteville, à Paris.
- Gounouilhau** (G.), 11, rue Guiraud, à Bordeaux (Gironde).
- Gramme** (Zénobe), Ingénieur électricien, 20, rue d'Hautpoul, à Paris.
M. D. M. P.
- Grandidier** (Alfred), Membre de l'Institut, 6, rond-point des Champs-Élysées, à Paris.
- Graves** (James), M. I. E. E., à Valentia (Irlande).
M. F.
- Gravier** (Jean-Charles), Ingénieur électricien, à Pierre-Bénite (Rhône).
M. F.
- Gray** (C.-H.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre).
M. F. M. P.
- Gray** (Robert-K.), 106, Cannon Street, London E. C. (Angleterre).
M. F.
- Gray** (W.-E.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre).
M. F. M. P.
- Grenier** (Ulysse), 14, rue Jean-Jacques-Rousseau, à Paris.
M. F.
- Griffisch** (G.-J.), Ingénieur attaché à la *Compagnie des Omnibus*, ancien Ingénieur de la *Société des Cycles Clément*, 27, rue Descombès, à Paris.
- Grosjean** (Albert), Directeur et Fondé de pouvoirs de la Maison *Leclanché*, 158, rue Cardinet, à Paris.

Grosselin (Marie-Joseph), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur aux Services électriques de l'Exposition universelle de 1900, 69, avenue Henri-Martin, à Paris.

Guasson (B.), Commis principal des Postes et des Télégraphes, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.

Guénée (Albert-Charles-James), Constructeur, Lieutenant de vaisseau de réserve, 14, rue des Bois, à Paris.

Guénet (Jules), Fabricant d'appareils électriques, 5, rue Montmorency, à Paris.

Guérin de Litteau (Edgar), Ingénieur civil, Administrateur de la *Compagnie générale transatlantique*, 6, rue de Clichy, à Paris.

Guerre (Gaston-Pierre-Alfred), Ingénieur, 8, rue du Pont-Neuf, à Lille (Nord).

Guery (François-Charles), Attaché à l'*Inspection des Chemins de fer de l'Ouest*, 5, rue du Fort, à Fontenay-sous-Bois (Seine).

Guilbert (Cyrille-Fernand), Ingénieur électricien, 18, rue de la Jonquière, à Paris.

Guilhem (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3 A, Sobrado rua Florencio d'Abren, à São Paulo (Brésil).

Guillaume (Charles-Édouard), Attaché au *Bureau des Poids et Mesures*, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Guillaume (Jacques-R.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Élève diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 12, rue Charlet, à Paris.

Guillemart (Edmond), Ingénieur électricien, 87, rue Clovis, à Reims (Marne) M. F.

Guitten (Adrien), Ingénieur, 22, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire).

M. F. M. P.

Gutperle (A.), Administrateur-délégué de la *Térébenthine française*, 8, rue Nollet, à Paris. M. F.

Hadamard (D.), 53, rue de Châteaudun, à Paris. M. P.

Hainglaise (Pierre-Victor), Ingénieur chargé du Laboratoire d'études techniques aux Ateliers de construction de l'Artillerie, à Puteaux, 18, rue de la Sourdière, à Paris.

Hallez (Charles), Capitaine de frégate, 5, cité d'Antin, à Brest (Finistère). M. F.

Hamilton (Georges-A.), Ingénieur de la *Western Electric Co*, 532, Morris Avenue, Elisabeth, New-Jersey (U. S. A.). M. F.

Hamm (Lucien-Auguste-André), Ingénieur au *Bureau de contrôle des Installations électriques*, 19, rue Germain-Pilon, à Paris.

Hammer (Jean), Ingénieur-Conseil, 58 bis, rue de Metz, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Hanning (William), Ingénieur, 191, rue de l'Université, à Paris.

Harlé (Émile), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Associé gérant de la *Maison Sautter-Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris.

Hauser (Henri), Ingénieur des Mines et Électricien, rue Zorrilla, n° 33, à Madrid (Espagne). M. P.

Hayet (Auguste), Ingénieur au *Bureau de contrôle des Installations électriques*, 14, rue Milton, à Paris.

Hebbert (W.-E.-G.), M. A., 18, Calverley Park Gardens, Tunbridge Wells (Angleterre). M. F.

Heilmann (Jean-Jacques), Ingénieur électricien, 38, rue de Laborde, à Paris.

Heilmann (Josué), Ingénieur de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, avenue du Lycée, à Belfort (territoire de Belfort).

- Héliand** (comte d'), Ex-Secrétaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en 1881*, 21, boulevard de la Madeleine, à Paris. M. F.
- Heller** (Richard), Électricien, 18, cité Trévisé, à Paris.
- Helmer** (Oscar), Ingénieur en chef du service électrique des *Usines Schneider et C^{te}*, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Henry** (Adolphe), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur sortant de l'École supérieure d'Électricité, Attaché au Service électrique de la gare de Lyon, 9, rue Jules-César, à Paris.
- Henry** (Paul), Astronome à l'Observatoire de Paris, 22, rue Périer, à Montrouge (Seine).
- Henry** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Raffinerie Sommier*, 145, rue de Flandre, à Paris. M. F.
- Hérard** (F.), Ingénieur civil, 6, rue d'Assas, à Paris.
- Herbault** (Charles), Président du *Syndicat des Usines d'Electricité*, 18, rue Roquépine, à Paris.
- Hering** (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.).
- Herrchillet** (F.-J.), Lieutenant de vaisseau en retraite, décoré de la Légion d'honneur et de plusieurs Ordres, 93, place de l'Étape, à Fontainebleau (Seine-et-Marne).
- Herrenschmidt** (Henri), ancien chef de travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, boulevard de Magenta, à Paris.
- Herrmann** (Ernest), Ingénieur, Agent général du système *Holroyd Smith*, 24, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Herrmann** (Maximiliano), Industriel, Constructeur d'appareils électriques, 6, Calçada do Lavra, à Lisbonne (Portugal).
- Hertzog** (Gustave), Architecte-expert, 7, rue Saint-Louis, à Metz (Alsace).
- Herzenstein** (K.), Ingénieur électricien, 6, rue de Candole, à Genève (Suisse).
- Heurtey** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 55, rue de Rome, à Paris.
- Hiberty** (Alfred), Inspecteur du Matériel et de la Traction du *Chemin de fer d'Orléans*, à Ablon (Seine-et-Oise). M. P.
- Hillairet** (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris. M. P.
- Hirsch** (Joseph), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 1, rue de Castiglione, à Paris. M. F.
- Horn** (Émile), 16, rue Daubigny, à Paris.
- Hospitalier** (Édouard), Professeur à l'*École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris*, 12, rue de Chantilly, à Paris. M. F.
- Houdard** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Attaché à la *Société industrielle de moteurs électriques et à vapeur*, 10, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Houllevigne** (Louis), chargé de Cours à la Faculté des Sciences, à Caen (Calvados).
- Huet** (Charles-Edmond), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, ancien Directeur administratif des travaux de Paris, 12, boulevard Raspail, à Paris. M. F.
- Hughes** (Professeur D. E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Hugues**, Électricien attaché à la *Société du Gaz de Marseille*, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Huguet (Alphonse-Charles-Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Juge au tribunal de Commerce de la Seine, Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.

Hunter (Rudolph-M.), Mechanical expert, 926, Walnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.). M. F.

Hurmuzescu (Dragomir), Directeur de lycée, Professeur à l'Université de Jassy, à Jassy (Roumanie).

Immisch (Moritz), 102, Follington Park, London N. W. (Angleterre). M. F.

Izard (Justin), Ingénieur des Télégraphes, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

Jacomet (Charles-Alexandre), Directeur-Ingénieur des Postes et des Télégraphes en retraite, 101, rue de Rennes, à Paris. M. F.

Jacques, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Tunis (Tunisie). M. F.

Jacquín (Charles), Ingénieur électricien, 18, rue Friant, à Paris.

Jacquín (Louis-Paul), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 62, rue Cortambert, à Paris.

Janet (Paul), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du *Laboratoire central* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 6, rue du Four, à Paris.

Jannettaz (Paul), Ingénieur, Répétiteur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Secrétaire de la *Société des Ingénieurs civils*, 68, rue Claude-Bernard, à Paris.

Janssen, Membre de l'Institut, Directeur de l'observatoire de Meudon, à Meudon (Seine-et-Oise). M. F.

Janssen (Pierre-Eugène), Banquier, 32, rue de Trévisé, à Paris.

Japy (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, Industriel, à Beaucourt (territoire de Belfort).

Jarre (Léon-Henri), Ingénieur électricien, a été attaché à la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 9, rue Louis-le-Grand, à Paris.

Jarriant jeune (Antoine-Marie), Fabricant de fils électriques, 75 et 77, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.

Jarriant (Joseph), Électricien, 75 et 77, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.

Javal (Jean-Félix), Ingénieur électricien, 5, boulevard de la Tour-Maubourg, à Paris. M. P.

Javaux (Émile), Administrateur-Directeur de la *Société Gramme*, 33, rue Clavel, à Paris. M. P.

Jeantaud (Charles), 51, rue de Ponthieu, à Paris. M. F.

Jelenkovski (Jules), Ingénieur électricien, près de Karetny Riade, Kossoy Péréoulok, 10 et 12, à Moscou (Russie).

Jénot (Célestin), Ingénieur, Chef de service de la force motrice aux Chantiers navals, ateliers et fonderies de Nicolaïeff, à Nicolaïeff (Russie méridionale).

Jénot (Lucien-Gabriel), Ingénieur principal de la *maison Breguet*, 18, rue Thibaut, à Paris.

Jigouzo (Paul), Ingénieur civil des Mines, 7, rue Jullien, à Vanves (Seine).

Joly (Maurice), Électricien, 3, cité du Retiro, à Paris.

Jordery (C.), 190, rue de Grenelle, à Paris. M. F.

- Joret** (Léon-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché au *Service des Installations électriques de l'Exposition de 1900*, 9, rue Montaigne, à Paris.
- Josse** (Hippolyte), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil en matière de brevets d'invention, 58^{bis}, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
- Joubert** (Arigle), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Faïencerie de Gien*, à Gien (Loiret).
- Joubert** (J.), Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris.
- Jouët** (Georges), 64, rue Pierre-Charron, à Paris. M. F.
- Journaux** (J.), Constructeur des Manufactures de l'État, Mécanique, Électricité, Automobiles, 56, rue des Cévennes, à Paris. M. F.
- Jouvenel** (Albert), Ingénieur à la *maison Breguet*, 3, rue Quatrefages, à Paris.
- Juppont** (Pierre), Ingénieur-conseil électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.
- Kareis** (Josef), Ex-Secrétaire de l'*Exposition internationale d'Électricité de Wien*, 7, Nebelungengasse, à Wien (Autriche). M. F.
- Keller** (Albert), Ingénieur, 28, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Keller** (Théophile), Ingénieur, Chef du Bureau des Études pour les applications de l'Électricité à la Mécanique (*maison Breguet*), 3, passage Soissons, à Malakoff (Seine).
- Kelvin** (Lord), G. C. V. O.; L. L. D., F. R. S., the Library the University Glasgow (Écosse).
- Kempe** (H.-R.), Engineer in chief's Office, General Post Office, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Kerchove** (Prosper Van den), Sénateur, 183, coupure, à Gand (Belgique). M. F.
- Kericuff** (Pierre-François-Hyacinthe de), à Henvic, par Taulé-Penzé (Finistère). M. F. M. P.
- Kerkwyk** (J.-J. Van), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du *Chemin de fer d'Anvers à Rotterdam*, à La Haye (Pays-Bas). M. F.
- Kermel** (Comte Olivier de), Ingénieur électricien pour la *Société anonyme des banquiers de Province*, 3, rue Pelouze, à Paris.
- Khotinsky** (Capitaine A. de), *care of Western Electric Co*, 334, Dearborn street, à Chicago (U. S. A.).
- Kleine** (Auguste-Frédéric), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 9, avenue de la Bourdonnais, à Paris.
- Korda** (Désiré), Ingénieur, Chef du Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 64, rue Caumartin, à Paris.
- Kowalski** (Joseph de), Professeur de Physique à l'Université de Fribourg, à Fribourg (Suisse).
- Kraft** (Victor), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie napolitaine du Gaz*, 138, via di Chiaja, à Naples (Italie). M. P.
- Krakau** (Alexandre), Professeur à l'Institut électrotechnique de Saint-Pétersbourg, Nowo-Issakijewskaja, 18, à Saint-Pétersbourg (Russie).
- Krebs** (le Commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris.
- Kriéger** (Louis), Ingénieur électricien, 39, avenue Marceau, à Courbevoie (Seine).

Krizik (Franz), Ingénieur électricien, ancien Élève de l'École Polytechnique slave de Prague, à Prague (Autriche).

La Boulaye (de), ancien Administrateur des Postes et des Télégraphes, 20, rue Las Cases, à Paris. M. F.

Labour (Édouard), Ingénieur des ateliers de la Société l'*Éclairage électrique*, 109, rue de Vaugirard, à Paris.

Labry (Comte de), Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, 51, rue de Varennes, à Paris. M. F.

Lacauchie (Lucien), Ingénieur civil, Chef du Laboratoire de la *Compagnie générale des Omnibus*, 37, de rue Saint-Pétersbourg, à Paris.

Lacaze (Henri), Secrétaire général de la *Compagnie anonyme continentale des compteurs*, 9, rue Pétrelle, à Paris.

Lacour (Alfred), ancien Élève de l'École Polytechnique, 60, rue Ampère, à Paris.

Lacretelle (Gaston), Administrateur-Délégué de la Société de *Force et Lumière électriques*, 9, rue de Rocroy, à Paris.

Laffargue (Joseph), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur électricien, 70, boulevard Magenta, à Paris.

Laffont (D^r), Prof^r de la Faculté de Médecine de Lille, 245, rue St-Honoré, à Paris. M. F.

Laforge (Ernest), Ingénieur à la *Compagnie parisienne d'air comprimé*, 1, villa Sainte-Foy, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

Lagabbe (Charles-Edmond de), Ingénieur électricien aux *Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 42, rue Hoche, à La Seyne (Var).

Lahaussse (Albert-Alexandre de), Représentant de la *maison Breguet*, 18 bis, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

Lajaunie (Émile-François-Louis-Paul), 42, rue Montmartre, à Paris.

Lalance (Auguste), Administrateur-Délégué de la *Société d'Éclairage du Secteur de la place Clichy*, 53, rue des Dames, à Paris.

Lalande (Félix de), Ingénieur civil, 183, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. F.

Lallement (Maurice), ancien Ingénieur de la *Société générale des Téléphones*, Inspecteur de l'*Association des Industriels de France*, 22, rue Nicolas-Perceval, à Reims (Marne). M. F.

Lamprecht (Rodolphe), Ingénieur du Polytechnique de Milan, Directeur de la *Société française Blahnik*, 14, rue de l'Époque, à Gagny (Seine-et-Oise).

Langlois (Victor-Louis-Marie), Constructeur-Électricien, 9, place du Parc, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Lapointe (Albert), Fabricant de bronzes, Éclairage électrique, 100, rue Amelot, à Paris.

Laporte (Frédéric-Claude-Marie), Ingénieur civil des Mines, ancien élève de l'École Polytechnique, Chef de travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris.

Laporte (Régis), Ingénieur, Station centrale d'Électricité de Saïgon, à Saïgon (Cochinchine).

Larat (D^r Jules), 48, rue de Laborde, à Paris.

Lardy (Auguste), Ingénieur, Directeur des forges et aciéries de Basse-Indre (Loire-Inférieure). M. F.

- Larnau** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de lampes à incandescence, 19, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Lasnier** (Jean-François), Ingénieur, 33, rue Greuze, à Paris.
- Latchinoff** (Dimitry), Professeur à l'Institut des Bois et Forêts, à Saint-Petersbourg (Russie). M. F.
- Launay** (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de l'assainissement de Paris, 35, rue de Saint-Petersbourg, à Paris.
- Laurain** (Henri), Ingénieur à la *Compagnie anonyme Continentale des Compteurs*, 9, rue Pétrelle, à Paris.
- Laurent** (Victor-Constant), 60, rue de Provence, à Paris.
- Lauriol** (Pierre), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur aux Services généraux d'éclairage de la Ville de Paris, 83, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Laval**, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Bar-le-Duc (Meuse). M. F.
- Lavergne** (Gérard), Ingénieur civil des Mines, 19, quai de la Fontaine, à Nîmes (Gard). M. F.
- Lavezzari** (André), Ingénieur civil, Directeur des *Ateliers Frielmann*, 42, rue Blanche, à Paris.
- Laymet** (L.-H.), Ingénieur en chef de la *Société industrielle franco-italienne*, à Tivoli, près de Rome (Italie).
- Léauté** (Henri), Membre de l'Institut, Administrateur délégué de la *Société industrielle des Téléphones*, 25, rue du Quatre-Septembre, à Paris.
- Le Baron**, Ingénieur électricien, 199, rue Lecourbe, à Paris. M. F.
- Lebaupin** (Gustave-Louis), Ingénieur, 79, rue de la Pointe, à la Garenne-Colombe (Seine).
- Leblanc** (Maurice), 1, avenue de Boufflers, villa Montmorency, à Paris. M. F.
- Lecerf** (Félix-Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures, villa Cora, Petit Juas, à Cannes (Alpes-Maritimes), et 47 bis, rue Boileau, à Paris.
- Le Chatelier**, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Leclaire** (Joseph), Constructeur, 6, square de l'Opéra, à Paris.
- Leclanché** (Maurice), Industriel, 114, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Lecomte** (Albert-Louis), Directeur des Ateliers de la *Compagnie des Lampes à arc Jandus*, 192, boulevard de Charonne, à Paris.
- Le Cordier** (Paul), Docteur ès Sciences, Chargé d'un cours à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, 3, rue Joubert, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. F.
- Leduc** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de l'Exploitation de la *Compagnie Lyonnaise des Tramways*, 27, quai Claude-Bernard, à Lyon (Rhône).
- Lefèvre** (Étienne-Marie-Alexandre), Architecte, Chef de Section à la *Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.*, à Caroubier, par La Londe (Var).
- Legendre** (Henri), Rédacteur à la Direction des Postes et Télégraphes de la Manche, 7, rue du Neufbourg, à Saint-Lô (Manche).
- Le Gentil-Parent** (A.), 53, faubourg Ronville, à Arras (Pas-de-Calais). M. F.
- Legrand** (Emmanuel), Ingénieur électricien diplômé de l'École supérieure d'Électricité-Licencié ès-sciences physiques, 18, rue Chauveau-Lagarde, à Paris.
- Lehideux** (Charles), Directeur à la *Compagnie des Tramways*, à Chazelles-sur-Lyon (Loire).
- Lejeune** (Léon-Jacques-Alexandre), Ingénieur, E. C. P.; à Thury-Harcourt (Calvados).
- Le Maréchal** (E.), à Saint-Servan (Ille-et-Vilaine). M. F.

- Le Neve-Foster** (Arthur), 61, Cadogan square, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Lépine** (Albert), Ingénieur électricien, 8, avenue Carnot, à Paris.
- Lequeux** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, 64, rue Gay-Lussac, à Paris. M. F.
- Leray** (Marcel), Ingénieur électricien, *Compagnie parisienne des Sciences industrielles*, 23, rue des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.
- Le Roux**, Ingénieur en Chef de la *Compania primitiva de Gas*, à Buenos-Ayres (République Argentine).
- Le Roy** (Fernand), Ingénieur du Ministère des Finances, ancien Ingénieur en chef de la *Compagnie nationale d'Électricité* (système Ferranti), 60, rue Cortambert, à Paris.
- Leroy** (Jules-Léon), Représentant de la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 103, rue de Metz, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Leroy** (Maurice), ancien Officier de Marine, Ingénieur électricien, 5, rue Thimonnier, à Paris.
- Lesage** (Edmond-Jean-Baptiste), Inspecteur de la *Société du gaz franco-belge*, 113, avenue de Villiers, à Paris.
- Lesourd** (Paul), Président de la Chambre de commerce de Tours, 34, rue Néricault-Destouches, à Tours (Indre-et-Loire). M. F.
- Lévy** (Amédée), Ingénieur-adjoint à la *Compagnie du gaz de Bordeaux*, Licencié ès Sciences mathématiques, 5, rue de Condé, à Bordeaux (Gironde).
- Lévy** (Augusto-Edmond), Ingénieur, Chef de Service de la *Compagnie parisienne du gaz*, 6, rue Condorcet, à Paris.
- Lévy** (Émile), Ingénieur, E. C. P., 38, rue Gay-Lussac, à Paris. M. F.
- Lewis** (H. F. W.), M. I. E. E.; A. I. C. E., Redlands, 48, Sydenham Road, Croydon, Surrey (Angleterre). M. F.
- Liébaut** (A.), Ingénieur, Président honoraire de la *Chambre syndicale des mécaniciens de Paris*, 72, avenue Marceau, à Paris.
- Limb** (Claudius), Docteur ès Sciences, Ingénieur-Conseil de la *Maison Gindre frères et Cie*, Préparateur à la Sorbonne, 58, rue Coste, à Cuire (Rhône).
- Limousin** (Ch.-G.), Ingénieur, chef du Matériel des *Usines Muller et Cie*, 35, quai d'Ivry (Ivry-Port).
- Limousin** (Henri), de la *Maison L. Ravel, H. Limousin et Cie*, fils et câbles électriques, 13, rue Maubeuge; domicile, 34, avenue Daumesnil, à Paris.
- Lindé** (Isidore), Ingénieur électricien, *Morosselka, Maison Leonof*, à Moscou (Russie).
- Lippmann** (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, 10, rue de l'Éperon, à Paris. M. F.
- Locherer** (Jacques-Joseph-Auguste), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 45, rue Ampère, à Paris.
- Lodyguine** (Alexandre de), Ingénieur électricien, 30, rue Hamelin, à Paris.
- Løvenbruck** (Émile-François-Marie), Ingénieur, Constructeur électricien, à Maromme (Seine-Inférieure).
- Løwy** (Maurice), Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris. M. F.
- Loménie** (Charles de), Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris.
- Long** (Édouard), Directeur des Usines de la *Société française de l'Ambroïne*, 12, avenue de l'Asile, à Saint-Maurice (Seine).

- Loppé** (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris.
- Lorain**, Ingénieur des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris.
- Loreau** (A.), Ingénieur et Conseiller général du Loiret, aux Roches, par Briare (Loiret).
- Lorin** (Charles-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Compagnie nationale d'Électricité (système Ferranti)*, 24, boulevard Voltaire, à Paris.
- Lorrain** (J.-G.), Norfolk House, Norfolk Street, London W. C. (Angleterre). M. F.
- Lourme**, Directeur des Postes et des Télégraphes de la Cochinchine et du Cambodge, à Saïgon (Cochinchine). M. F.
- Lucas** (Félix), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 30, rue Boissière, à Paris. M. F.
- Luneau-Clayeux** (Louis), Électricien, à Auxerre (Yonne).
- Luynes** (Victor de), Professeur au *Conservatoire national des Arts et Métiers*, 16, rue de Bagneux, à Paris. M. F.
- Lyon** (Max), Ingénieur, 83, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris. M. F.
- Macquet** (A.), Ingénieur au corps des Mines, Professeur de Physique et d'Électricité. Directeur de l'*École des Mines du Hainaut*, 22, boulevard Dolez, à Mons (Belgique).
- Magee** (Louis-J.), Ingénieur électricien, *Union Elektricitäts-Gesellschaft*, Hollmannstrasse, 32, à Berlin (Allemagne).
- Mailly** (Paul-Marc), Ingénieur des Arts et Manufactures, 24, avenue Trudaine, à Paris.
- Maisonneuve** (Similien-François), Ingénieur des Arts et Manufactures, château de la Roche-Hervé, à Missillac (Loire-Inférieure). M. F. M. P.
- Malterre**, Ingénieur électricien, 9, rue Laugier, à Paris.
- Mandroux** (L.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 9, rue d'Odessa, à Paris. M. F.
- Maquaire** (F.-V.), Ingénieur électricien, 3, avenue du Maine, à Paris.
- Marais** (Émile-Marie-Christophe du), Ingénieur civil des Mines, 4, rue Chauchat, à Paris.
- Maréchal** (Charles-Louis), Ex-Chef d'atelier de l'École supérieure d'Électricité, Chef de dépôt et du service électrique du *tramway de Grenoble à Champareillon*, 18, quai Jouvin, à Grenoble (Isère).
- Maréchal** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur du *Secteur municipal d'Électricité*, 32, avenue Carnot, à Paris.
- Marey** (Étienne-Jules), Membre de l'Institut, 11, boulevard Delessert, à Paris. M. F.
- Marks** (Louis-B.), M. M. E., 687, Broadway, New-York City (États-Unis).
- Mars** (André-Jean-Baptiste), Installation générale d'appareils électriques, 18, rue de Châteaudun, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Martin** (A.), Électricien, 52, avenue de la Gare, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Martin** (Gabriel-Auguste), Ingénieur, 20, rue Richer, à Paris.
- Martin** (Louis de), à Montrabech, près Lezignan (Aude). M. F. M. P.
- Mascart** (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris. M. P.
- Massey** (William-Henry), M. Inst. C. E., Ingénieur à la Cour de Sa Majesté Britannique, Twyford R. S. O. Berks (Angleterre). M. F. M. P.

- Masson** (Georges), Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. F.
- Masson** (Léon-Noël), Ingénieur, Sous-Directeur du *Conservatoire national des Arts et Métiers*, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- Mathieu** (Émile), Ingénieur civil, 41, rue de Chaillot, à Paris.
- Mathieu** (Émile-Léopold), Directeur d'Usines à gaz, à Menin (Belgique).
- Mathieu** (J.-F.), Ingénieur, constructeur électricien, 6, rue Choron, à Paris.
- Mauclerc** (Alexandre-Léon), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 19, rue George-Sand, à Paris.
- Mauduit** (Alexandre-Maurice-Julien), Ingénieur à la *Société L'Éclairage électrique*, 65, rue Lecourbe, à Paris.
- Mauduit** (Jacques), Ingénieur civil des Mines, élève à l'École supérieure d'Électricité, 9, rue Lecourbe, à Paris.
- Maugras** (Hubert-Louis-Henri), Ingénieur, 7, rue Le Chatelier, à Paris.
- Mazen** (Antoine-Natalis), Inspecteur principal du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'Ouest, 35, rue Magenta, à Asnières (Seine).
- Mehault** (François), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord). M. F.
- Mendiola** (Y. de), 2, rue Glück, à Paris.
- Menges** (C.-L.-R.-E.), Villa Mar, à Scheveningue (Hollande). M. F.
- Ménier** (Gaston), Député (Secrétariat), 56, rue de Châteaudun, à Paris.
- Ménier** (Henri), 8, rue de Vigny, à Paris. M. F.
- Menj** (Adolphe-Godefroy), Ingénieur de la *Compagnie des Entrepôts et Magasins généraux de Paris*, 5, rue Milton, à Paris.
- Mensbrughe** (Gust. van der), Prof^r à l'Université de Gand, à Gand (Belgique). M. F.
- Mercadier** (E.), Directeur des études de l'École Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes, 21, rue Descartes, à Paris. M. F.
- Mercet**, Président de la *Société française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 59, rue de Provence, à Paris.
- Meurling** (Lars-August), Directeur des Télégraphes des chemins de fer de l'État suédois, à Stockholm (Suède).
- Meyer** (Ferdinand), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, 28, rue de Châteaudun, à Paris.
- Meyer** (Georges), Ingénieur électricien à la *Compagnie continentale Edison*, 54, rue de la Bienfaisance, à Paris.
- Meyer** (Marcel), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force* (anciens établissements Clémançon), 90, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Meyer-May** (Albert), Ancien élève de l'École Polytechnique, Directeur des constructions électriques à la *Société industrielle des Téléphones*, 54, rue de Prony, à Paris.
- Meylan** (Eugène), Ingénieur civil, 45, rue de Suez, à Champigny (Seine).
- Midoz** (Ch.), Constructeur électricien, 8, rue Gambetta, à Besançon (Doubs).
- Miet** (Maurice), Directeur de l'Usine de la *Compagnie du Secteur électrique de la rive gauche de Paris*, 39, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Mildé** (Charles), Ingénieur électricien, 51, 60 et 62, rue Desrenaudes, à Paris.
- Minet** (Adolphe), Ingénieur, Chimiste électricien, 37, rue de Berne, à Paris.
- Minié** (Paul), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Moulins*, à Moulins (Allier).

- Miroux** (Edmond), 102, boulevard Voltaire, à Paris.
- Mix** (Edgard-W.) Ingénieur, 12, boulevard des Invalides, à Paris.
- Moineau fils** (H.), Ingénieur, 22, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.
- Molera** (E.-J.), Ingénieur civil et Électricien, 2,025, rue de Sacramento, à San Francisco (U.S.A.). M. F. M. P.
- Moll** (Charles), Directeur des Postes et des Télégraphes en retraite, 49, rue du Montet, à Nancy (Meurthe-et-Moselle). M. F.
- Monmerqué** (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 71, rue de Monceau, à Paris. M. P.
- Monnier** (D.), Ingénieur, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 3, impasse Cothenet (22, rue de la Faisanderie), à Paris. M. F.
- Monthiers** (Maurice), Ex-Chef du Service de la Section française à l'*Exposition universelle de 1889*, 50, rue Ampère, à Paris. M. F.
- Montillot** (Philippe-Louis), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 7, rue Compiègne, à Montrouge (Seine).
- Montpellier** (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 3, rue Lecourbe, à Paris.
- Morel-Fatio** (Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, élève à l'École supérieure d'Électricité, 3, rue du Général-Foy, à Paris.
- Morellet** (Félix), 3, boulevard Henri IV, à Paris.
- Moreno** (O.), Directeur de la *Société nationale des Ateliers de Savigliano*, 40, via Venti Settembre, à Turin (Italie).
- Morges**, Chef de bataillon du Génie, Ministère de la Guerre, à Paris. M. F.
- Mornat** (Louis), Constructeur-Électricien, 56, boulevard Voltaire, à Paris.
- Mors** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue des Marronniers, à Paris. M. F.
- Motte** (Edmond-Eugène), Chimiste, 7, rue du Jambon, à Saint-Denis (Seine).
- Mouchard** (Lucien-Louis-Victor), Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Office postal tunisien, à Tunis (Tunisie).
- Mouchel** (J.-O.), Fabricant de cuivre pour télégraphie, 10, rue Commynes, à Paris. M. F.
- Moulton** (John-Fletcher), Q. C.; F. R. S., 57, Onslow square, London S. W. M. F. M. P.
- Mourot**, Inspecteur, Service des Eaux (Hôtel de Ville), 4, avenue Victoria, à Paris.
- Moussette** (Charles-Édouard), 73, boulevard Suchet, à Paris. M. F.
- Mustelier** (François-Joseph), Ingénieur, au service de *MM. Amelin et Renaud*, 5, Chaussée du Pont de Grenelle, à Paris.
- Naeyer et C^o** (de), à Willebrœck (Belgique). M. F.
- Nansouty** (Max-C. E. Champion de), Ingénieur civil, Directeur de la *Vie scientifique*, 10, rue Saint-Joseph, à Paris. M. F.
- Nanta** (Norbert), Opticien, 15, place du Pont-Neuf, à Paris. M. F.
- Negreano** (D.), Professeur à la Faculté des Sciences, Strada Popa Rudu, n° 17, à Bucarest (Roumanie).
- Nelson-Uhry** (Emmanuel), Ingénieur de la classe 25 à l'Exposition universelle de 1900, 13, rue Montessuy, à Paris.
- Néron** (Eugène), 15, avenue Hoche, à Paris.

Nerville (Ferdinand de), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris. M. P.
Neu (L.), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil, Professeur d'Électricité pratique à l'*Institut industriel*, 60, rue Brûle-Maison, à Lille (Nord).

Neveux (Joseph-Marie-Victor), Ingénieur des Arts et Manufactures, 13, boulevard de Courcelles, à Paris.

Noblet (L.), Inspecteur principal du Service télégraphique à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 11, rue de Nanterre, à Asnières (Seine). M. F.

Noé (Charles-François), Constructeur d'instruments de Physique, 8, rue Berthollet, à Paris. M. F.

Nothomb (Lucien), Directeur de la *Compagnie générale franco-russe d'accumulateurs*, 12, Millionnaïa, à Saint-Petersbourg (Russie).

Nouvelle (Georges), Ingénieur civil, 25, rue Brézin, à Paris. M. F.

Nugues (Léon-Auguste-Émile), Chef de Travaux à l'*École Centrale des Arts et Manufactures*, à Rosny-sous-Bois (Seine).

Odent (Marie-Albert), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 11, boulevard Saint-Michel, à Paris.

O'Keenan (Charles-Édouard), ingénieur, chef du Laboratoire électrique de la *Compagnie parisienne de l'air comprimé*, 168, rue de Grenelle, à Paris. M. F.

Ouy, Directeur des Postes et des Télégraphes, à Martigné-Briand (Maine-et-Loire). M. F.

Paiva (Adrien de), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gava, près de Porto (Portugal). M. F. M. P.

Papillon (D^r), Professeur de clinique médicale, 8, rue Montalivet, à Paris. M. F. M. P.

Parent (Louis), Architecte, 20, boulevard des Invalides, à Paris.

Parisse (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Conseiller municipal de Paris, Conseiller général de la Seine, 49, rue Fontaine-au-Roi, à Paris. M. F.

Parran (Alphonse), ancien Président de la *Société géologique*, 56, rue des Saints-Pères, à Paris. M. F.

Parsons (Frederick-Jennigs), Sous-Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris.

Parville (H. de), Publiciste, Ingénieur Conseil, villa des Pins, Parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine (Seine). M. F.

Parvillée (Achille), 29, rue Gauthey, à Paris.

Parvillée (Louis), 29, rue Gauthey, à Paris.

Paszkowski (Henri), Ingénieur, 165, rue de Rome, à Paris.

Patin (Octave), Ingénieur électricien, 3, rue du Château, à Puteaux (Seine). M. F.

Paulin (Charles), Ingénieur de la *Maison Bardon*, 4, rue Gobert, à Clichy (Seine).

Payrard (Eugène), Constructeur électricien, à Grenoble (Isère).

Pellat (Henri), Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris. M. F.

Pellissier (Georges), 16, rue Singer, à Paris.

Perdu fils, Constructeur, à Avallon (Yonne). M. F.

S.

Pérelre (Gustave), Administrateur des chemins de fer du Nord de l'Espagne, 35, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.

Périn (Louis), Ingénieur chimiste, 2, rue Guichard, à Paris.

Pérot (Alfred), Professeur de Physique industrielle à la Faculté des Sciences de Marseille, 119, boulevard Longchamp, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Pérouse (Denis), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 40, quai de Billy, à Paris.
M. F.

Perreau (François), Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Perrin (A.), Commis principal, Instructeur à l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes, 62, rue Mademoiselle, à Paris.

Perrin (Paul), Ingénieur, 52, rue Saint-Louis-en-l'Île, à Paris.

Perrodil (Charles-Marie-Antoine de), Ingénieur-conseil, électricien, électrométallurgique, Ingénieur de la *Société électrochimique française*, 23, rue Buffault, et à Serret (Hautes-Alpes), 16, rue Condorcet, à Paris.

Pescetto (Federico), Colonel du Génie militaire italien, Ingénieur électricien, Professeur à l'École d'application d'Artillerie et du Génie, à Turin (Italie). M. F.

Pesselon (Henri), Ingénieur en retraite de la *Compagnie P.-L.-M.*, Ingénieur de l'État, Chevalier de la Légion d'honneur, 8, rue de la Bibliothèque, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
M. F.

Petsche (Albert), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage*, 6, rue Le Peletier, à Paris.

Petit (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Service électrique chez *MM. Schneider et Cie*, 1, boulevard Malesherbes, à Paris.

Petit-Dupont, Industriel, à Cambrai (Nord). M. F. M. P.

Peyré (Gaston), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 39, rue du Faubourg-Saint-Martin, à Paris.

Peyrot (F.), 168, rue Saint-Honoré, à Paris. M. F. M. P.

Peyrusson (Édouard), Professeur de Chimie et de Toxicologie à l'École de Médecine et de Pharmacie de Limoges, 7, chemin du Petit-Tour, à Limoges (Haute-Vienne).

Phasmann (Auguste), Conseiller général de la Meuse, à Saint-Mihiel (Meuse).

Piat (Albert), 85, rue Saint-Maur, à Paris. M. F.

Piaux (Louis-Victor), 23, rue Demours, à Paris.

Picard (Alfred), 22, rue Vignon, à Paris. M. F.

Picard (Pierre), 15, rue Montbrun, à Paris. M. F.

Pichery (Lucien), Ingénieur, Propriétaire de l'Ardoisière *La Renaissance*, à Avrillé, par Angers (Maine-et-Loire).

Picou (Gustave), 123, rue de Paris, à Saint-Denis (Seine). M. F.

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris.
M. F.

Pieper (H.), Armurerie mécanique, à Liège (Belgique). M. F.

Pignier (Paul), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 5, rue Clapeyron, à Paris.

Pilleux (Ludovic), Électricien, 79, rue Claude-Bernard, à Paris. M. F.

Piltchikoff (Nicolas), Professeur de Physique à l'Université impériale d'Odessa, à Odessa (Russie). M. P.

- Pinel-Peschardiére** (M.), Contrôleur des Télégraphes de la *Cie Paris-Lyon-Méditerranée*, 10, rue de Lyon, à Paris.
- Pirani** (Emile), Docteur ès Sciences, Ingénieur principal de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 8 bis, rue Alexandre-Lange, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Place** (Henri de), Ingénieur, Directeur de la *Société anonyme des Houillères de Rochebelle*, au château de Rochebelle, à Alais (Gard). M. F.
- Planchon** (François-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 99, rue Caulaincourt, à Paris.
- Planté** (Ch.), Chef du Service électrique aux Chemins de fer de l'État, en retraite, 116, rue Notre-Dame, à Saintes (Charente-Inférieure).
- Poincaré** (Lucien), Docteur ès Sciences, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris, 17, rue d'Assas, à Paris. M. P.
- Poinsot** (P.), Directeur, Président, Professeur honoraire de l'*École dentaire de Paris*, Chef du Service dentaire de l'Asile clinique Sainte-Anne, 184, rue de Rivoli, à Paris.
- Poirier** (Marius), Représentant de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 61, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.
- Polignac** (prince Camille de), 24, Charles street Berkeley square, à Londres (Angleterre). M. F. M. P.
- Pollak** (Charles-François), Directeur de *Accumulatoren-Werke*, système Pollak, 253, Mainzer Lanstrasse, à Francfort s/Mein (Allemagne).
- Pollard** (Jules), Ingénieur en chef du Génie maritime, 28, rue Bassano, à Paris.
- Polonceau** (Gustave-Ernest), ancien Ingénieur en chef conseil de la *Compagnie des chemins de fer d'Orléans*, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, 55, rue de Verneuil, à Paris.
- Pomey** (Jean-Baptiste), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 33, rue de Coulmiers, à Paris.
- Ponciano** (J.-F.), Ingénieur électricien, Surintendant des Télégraphes de la République de Guatemala, à Guatemala (Amérique centrale).
- Porcher-Labreuil** (E.), 91, boulevard Arago, à Paris.
- Porgès** (Charles), Président de la *Compagnie continentale Edison*, 25, rue de Berri à Paris. M. F.
- Porte** (L.), 9, rue Ancelle, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. F.
- Postel-Vinay** (A.), Constructeur électricien, 41, rue des Volontaires, à Paris. M. F.
- Potier** (A.), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École Polytechnique et à l'École des Mines, Membre de l'Institut, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. M. P.
- Potron** (Eug.), Fabricant d'appareils d'éclairage, 10, rue Oberkampf, à Paris.
- Poujol** (Lucien), Directeur de la *Station centrale d'Électricité de Nancy*, 6, rue de l'Équitation, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Poulenc** (Camille), Docteur ès Sciences, 92, rue Vieille-du-Temple, à Paris.
- Poussin** (Alexandre), 7, rue Henri-Barbet, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Prat** (Fernand), 51, rue Scheffer, villa 14, à Paris.
- Preece** (William-Henry), C. B., F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey (Angleterre). M. F.
- Préve** (Laurent), 2, rue Dante, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.
- Priestley** (Charles-Marie-Édouard), Ingénieur-Constructeur de la *Maison Vedovelli et Priestley*, 160, rue Saint-Charles, à Paris.

Proctor (C.-Faraday), M. I. E. E., Ingénieur, Directeur de la fabrication des instruments et appareils électriques à la *Edison and Swan united Electric Light Co Limited*, Bedford Villas, Enfield (Angleterre).

Provensal, Lieutenant de vaisseau, 18, place d'Armes, à Toulon (Var).

Radcliff (William), Saint-Héliers, Torquay (Angleterre). M. F.

Radiguet, Constructeur-Électricien, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.

Radisson (Raymond), Affineur de métaux précieux, 7, rue de la Préfecture, à Lyon M. F.

(Rhône).

Ragot (Alfred), Chef d'atelier à la *Compagnie française d'appareillage électrique*, 37, rue Volta, à Paris.

Rambeaud (René), 4, Grande-Rue, à Parthenay (Deux-Sèvres). M. F.

Ranque (D^r P.), Membre de la *Société française de Physique*, 13, rue Champollion, à Paris. M. F.

Raoul-Duval (Réné), Ingénieur des Mines, 107, rue de la Pompe, à Paris.

Raoux (Léon), Ingénieur, Directeur de la *Société suisse d'Électricité*, à Lausanne (Suisse). M. F.

Rau (Louis), Administrateur délégué de la *Compagnie continentale Edison*, 7, rue Montchanin, à Paris. M. F.

Raveau (Camille), Préparateur à la Sorbonne, 5, rue des Écoles, à Paris.

Ravel (Lucien), de la *Maison L. Ravel, H. Limousin et C^{ie}* (fils et câbles électriques), 13, rue de Maubouge; domicile : 17, avenue de Villiers, à Paris.

Raymond (L.), Administrateur des Postes et des Télégraphes en retraite, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.

Rechniewski (W.-C.), Ingénieur, 5^{bis}, rue d'Odessa, à Paris.

Reclus (Pierre-Victor), Horloger électricien constructeur, 114, rue de Turenne, à Paris.

Reichel (Nicolas de), Ingénieur technologue, Chef d'Éclairage électrique et d'Usine galvanoplastique dans l'*Expédition impériale pour la confection des papiers de l'État*, 144, quai Fontanka, à Saint-Petersbourg (Russie).

Rémon (Olivier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur chez *MM. Schneider et C^{ie}*, 73, boulevard Haussmann, à Paris.

Rémon-Casas (Lucien), Ingénieur civil, 261, boulevard Pereire, à Paris.

Rémond (Maurice), Avocat à la Cour de Paris, 11, quai d'Orsay, à Paris.

Renard (Lucien), Ingénieur-chef du Service technique à la *Société anonyme d'Électricité Bouckaert et C^{ie}*, 82, rue Lacken, à Bruxelles (Belgique).

Renous (Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Station centrale des *Chartrons-Bacalan*, 99, cours Balguerie-Stuttenberg, à Bordeaux (Gironde).

Revel (Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur au Service de la Traction mécanique de la *Compagnie générale des Omnibus*, 17, Grande Rue de la République, à Saint-Mandé (Seine).

Rey (Jean-Alexandre), Ingénieur civil des Mines, 76, rue Mozart, à Paris.

Rey (L.), Ingénieur, 97, boulevard Exelmans, à Paris. M. F. M. P.

Reynier (André), Ingénieur électricien, 4, place d'Anvers, à Paris.

Rhoné (Jean-Léon), Ingénieur au Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 10, rue du Pré-aux-Clercs, à Paris.

- Ribard** (Élisée), Docteur, 9, place des Ternes, à Paris.
- Ribiére** (Charles), Ingénieur en chef du Service central des Phares, 13, rue de Siam, à Paris. M. P.
- Richard** (Félix-Maxime), Ingénieur-Constructeur, 10, rue Théophile-Gautier, à Paris.
- Richard** (Gustave), Agent général de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 44, rue de Rennes, à Paris.
- Richard** (Jules), Ingénieur-Constructeur, 8, impasse Fessart, à Paris.
- Richemond** (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures de la *Société des Établissements Weyher et Richemond*, 50, route d'Aubervilliers, à Pantin (Seine).
- Ridel** (Adrien-Lucien), Électricien, 6, rue du Paradis, à Lisieux (Calvados).
- Rilliet** (Albert), Professeur de Physique à l'Université de Genève, 16, rue Bellot, à Genève (Suisse). M. F.
- Riollé** (Marius), Ingénieur civil, à Romans (Drôme). M. F.
- Ritter** (Gaston), Électricien, 7, rue Lamandé, à Paris.
- Robard** (René), Ingénieur, administrateur délégué de la *Société l'Éclairage électrique*, 141, rue de Rome, à Paris.
- Robert** (Alexandre-Charlemagne), Ingénieur des Arts et Manufactures, 14, rue Hambourg, à Paris.
- Rodary** (Ferdinand), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur du Service télégraphique au *Chemin de fer P.-L.-M.*, 53, rue de Vaugirard, à Paris. M. F. M. P.
- Rodocanachi** (Emmanuel), 54, rue de Lisbonne, à Paris. M. F. M. P.
- Rolando** (G.-P.), Électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 19, rue de l'Étrieu, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Romilly (de)**, ancien Président de la *Société française de Physique*, 25, avenue de Montaigne, à Paris. M. P.
- Rossel** (Charles-Frédéric), Sous-directeur de la *Société anonyme des automobiles Peugeot*, à Audricourt, Constructeur des bobines d'induction et d'appareils pour l'allumage électrique des moteurs à gaz et au pétrole, 35, place Saint-Martin, à Montbéliard (Doubs).
- Rothschild** (baron Alphonse de), 2, rue Saint-Florentin, à Paris. M. F. M. P.
- Rothschild** (baron Edmond de), 21, rue Laffitte, à Paris. M. F. M. P.
- Rothschild** (baron Gustave de), 23, avenue Marigny, à Paris. M. F. M. P.
- Rouart** (Alexis), Constructeur mécanicien, 36, rue de Lisbonne, à Paris. M. F.
- Roubanowitch** (Vladimir), Électricien en chef des Télégraphes de Moscou, rue Miasmitkaïa, à Moscou (Russie).
- Rouma** (Auguste), Ancien Ingénieur de la *Maison Leclanché et C^{ie}*, 62, rue du Vert-Bois, à Liège (Belgique).
- Rousseau** (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École militaire, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Rousseau** (Ollivier), de la *Maison Rousseau, J. Lecoq et Mathieu*, 47, avenue Victor-Hugo, à Paris.
- Russel** (Maurice-Charles), Ingénieur à la *Société industrielle des Téléphones*, 19, avenue Henri-Regnault, à Sèvres (Seine-et-Oise).
- Rousset** (C.-G.), Éditeur de l'*Annuaire de l'Électricité* et d'autres Annuaire d'adresses, 114, rue Lafayette, à Paris.
- Roustan** (Bienvenu), Ingénieur, Directeur de la Station électrique de Perpignan, 4, cité Bartissol, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).

- Routin** (Joseph-Louis), Ingénieur, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur à la *Société lyonnaise des forces motrices du Rhône*, expert près le Tribunal de Lyon, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Roux** (Gaston), Directeur du *Bureau de contrôle des installations électriques*, 12, rue de Clichy, à Paris.
- Ruelle** (Adrien-Jules-Victor), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur de l'Exploitation de la *Compagnie du chemin de fer P.-L.-M.*, 20, boulevard Diderot, à Paris.
- Rufz de Lavison** (de), 42, boulevard Maillot, à Neuilly-sur-Seine (Seine). **M. P.**
- Sabine** (Alfred), Secrétaire général de la *Société Siemens and Co*, 12, Queen-Anne's gate, London S. W. (Angleterre).
- Sabourain** (J.-A.), Inspecteur des Télégraphes, Secrétaire du Comité d'Administration de la *Société internationale des Électriciens*, 42 bis, rue du Four, à Paris. **M. F.**
- Sabouret**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal de la Voie et des Travaux à la *Compagnie du chemin de fer d'Orléans*, 132, rue de Rennes, à Paris.
- Sacquet** (Edmond), Ingénieur électricien de la *Maison Sautter, Harlé et C^{te}*, 39, rue des Vignes, à Paris.
- Saint-Léger** (Jean-Maurice de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie des Eaux et du Gaz* de Rostoff-sur-Don (Russie), 18, rue Marbeuf, à Paris.
- Saladin** (E.), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur conseil, au Cercle du Creuzot, au Creuzot (Saône-et-Loire).
- Salomons** (Sir David), M. A. Broomhill, Tunbridge Wells (Angleterre).
- Salva** (D^r Louis), à Agde (Hérault). **M. F.**
- Santerre**, 5, quai Malaquais, à Paris.
- Sarcia** (Jules), Ingénieur à la *Compagnie générale de traction et d'électricité*, 79, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise).
- Sartiaux** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation à la *Compagnie des chemins de fer du Nord*, 40, boulevard de Courcelles, à Paris.
- Sartiaux** (Eugène), Ingénieur Chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*, Président de l'*Association amicale des Ingénieurs-Électriciens*, Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, 48, rue de Dunkerque, à Paris. **M. F.**
- Sautter** (Gaston), Ingénieur constructeur, Associé-Gérant de la *Maison Sautter, Harlé et C^{te}*, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- Savary-Duclos** (Xavier), Docteur en Médecine, à Alençon (Orne). **M. F.**
- Savadier** (Lucien), Ingénieur des *Forges et Chantiers de la Méditerranée*, Ingénieur des Arts et Manufactures, à La Seyne (Var).
- Schabaver** (François), Constructeur mécanicien, Chevalier de la Légion d'honneur, à Castres (Tarn). **M. F.**
- Scheffler** (André), Électricien, 58, quai Venduvre, à Caen (Calvados).
- Schindler** (Antoine), 66, rue Gay-Lussac, à Paris.
- Schœn** (Jean-Auguste), Ingénieur, 22, rue Marnolles, à Caluire-et-Cuire (Rhône).
- Schœnstein** (Ignace), Ingénieur, 44, rue de La Bruyère, à Paris.
- Schwedoff** (Théodore), Recteur de l'Université d'Odessa, à Odessa (Russie). .

- Schwarberg** (Eugène-Gustave), Directeur de la *Compagnie Électro-Mécanique*, 11, avenue Trudaine, à Paris.
- Sciama** (Gaston), Directeur de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris. M. F.
- Scrive** (Gustave), 90, rue Royale, à Lille (Nord). M. F.
- Sebert** (le Général H.), Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris. M. F. M. P.
- Seguela** (Raymond), 24, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris. M. F.
- Séguin** (Léon), Directeur de la *Société d'Éclairage par le Gaz et par l'Électricité*, au Mans (Sarthe).
- Seiler** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Martel, à Paris.
- Selby-Bigge** (Davis-Lewis), Ingénieur électricien, 27, Grey Street, à Newcastle-on-Tyne (Angleterre).
- Seligmann-Lui** (G.-P.), Directeur-Ingénieur des Télégraphes, 78, rue Mozart, à Paris. M. F. M. P.
- Sellier** (Léon), Capitaine de frégate, commandant l'*Adour*, à Haïphong. M. F. M. P.
- Sellon** (John, Scudamore), 78, Hatton garden, London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.
- Semmola** (Eugène), Sous-Directeur de l'observatoire du Vésuve, Professeur de Physique à l'*Institut technique de Naples*, 6, rue Trinita Maggiore, à Naples (Italie).
- Senet** (Eugène-Étienne), Chimiste négociant, 24, rue Louis-le-Grand, à Paris.
- Serrell** (Ed.), à Chabeuil (Drôme).
- Serrin** (Henri-Georges-Charles), Ingénieur-électricien, 13, boulevard du Temple, à Paris.
- Seure** (Dr Jules-Nicolas), 4, rue Saint-Louis, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise). M. F.
- Simon** (Paul), Ingénieur-Conseil, 99, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Simonot** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 6, quai Jemmapes, à Paris.
- Simpson** (Geo. P.), B. ès S., Électricien, M. I. E. E., 16, street Helen's Place London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.
- Siry** (Étienne), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.
- Smith** (William H.), Associate Member *Institution of Electrical Engineers*, 9, South View Terrace South Circular Road, à Dublin (Ireland).
- Snijders** (J.-A.), C. J. ZN., Professeur d'Électrotechnique à l'École Polytechnique de Delft, 65, Voorstraat, à Delft (Pays-Bas).
- Société anonyme des Manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey**, Direction générale des Glaceries, 9, rue Sainte-Cécile, à Paris.
- Société centrale d'Électricité** (Pulsford, Triquet et C^{ie}), 10, rue Taitbout, à Paris.
- Société l'Éclairage électrique**, 27, rue de Rome, à Paris.
- Soleau** (Eugène), fabricant de Bronzes d'art, Vice-Président de la *Réunion des Fabricants de Bronzes*, 127, rue de Turenne, à Paris.
- Solignac**, 67, rue de la Victoire, à Paris.
- Solvay** (Ernest), Industriel, 45, rue des Champs-Élysées, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Solvay et C^{ie}**, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle). M. F.
- Somzée** (Léon), Ingénieur honoraire des Mines, Membre de la Chambre des Représentants, 22, rue des Palais, à Bruxelles (Belgique).

- Sordoillet** (Pierre), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 9, rue Edgar-Quinet, à Montrouge (Seine).
- Sośnowski** (K.), Ingénieur civil, Administrateur-Directeur de la *Société de Laval*, 13, rue Clément-Marot, à Paris.
- Souchier** (F.), Électricien de la *Société d'électricité Souchier et C^{ie}*, 4, rue des Récollettes, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. F.
- Stahl** (J.), Ingénieur attaché aux *établissements Lazare Weiller et C^{ie}*, à Gravelle-Sainte-Honorine (Seine-Inférieure). M. F.
- Stahl** (Paul-Théodore-Waldemar), Ingénieur aux *Usines du Creusot*, 34, avenue Thiers, à Grenoble (Isère).
- Stapfer** (D.), Ingénieur E. C., Constructeur de machines, boulevard de la Major, à Marseille-Joliette (Bouches-du-Rhône). M. F. M. P.
- Stieffel** (Jacques), Chef d'atelier du Service électrique (maison Breguet), 5, rue Sophie-Germain, à Paris.
- Stone** (W.-H.), Foreign Secretary, Department of Communications, à Tokio (Japon). M. F.
- Street** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Expert près les Tribunaux et le Conseil de préfecture du département de la Seine, 60, boulevard Haussmann, à Paris.
- Stroh** (A.), B. A., 98, Haverstock Hill, London, N. (Angleterre). M. F.
- Szarvady** (Géza), Ingénieur, Répétiteur des cours d'Électricité à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 21, rue du Mont-Thabor, à Paris.
- Taboury** (Pierre-Alfred), Ingénieur électricien, 70, rue Boursault, à Paris.
- Tachard** (André-Pierre), Représentant à Paris du Service électrique de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 7, rue Drouot, à Paris.
- Taddei** (Girolamo), Ingénieur électricien, 3, Piazza S. Pantaleo, à Rome (Italie).
- Tainturier** (Camillo), Ingénieur des Arts et Manufactures, 138, boulevard de Clichy, à Paris.
- Tallerie** (Lucien-Robert-Valère), Ingénieur à la *Compagnie générale d'Électricité*, Usine de Beauval, par Trilport (Seine-et-Marne).
- Tanner** (Auguste-Martin), Chef du Bureau des Brevets de la *General Electric Co*, 10, rue de Londres, à Paris.
- Tardy de Montravel** (Félix-Joachim), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie d'électricité*, à Montpellier (Hérault).
- Tartary** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Compagnie française des Voies ferrées économiques*, 3, rue Lafayette, à Paris.
- Tassart** (Charles-Louis), Directeur de la *Raffinerie Paul Paix et C^{ie}*, à Courcelles, près Douai (Nord).
- Tcholitch** (Stefan), Ingénieur au Ministère des Travaux publics de Serbie, ancien Élève de l'École des Ponts et Chaussées, à Belgrade (Serbie).
- Tedesco** (N. de), Ingénieur de la *Société des Ciments Armés*, 60, rue de la Victoire, à Paris. M. F.
- Tenicheff** (Prince), 52, rue de Bassano, à Paris.
- Terquem** (Émile), Libraire, Commissionnaire pour publications américaines et anglaises, 31 bis, boulevard Haussmann, à Paris. M. F.

- Tesla** (Nikola), Ingénieur électricien, hotel Gerbach, 45 W, 27 Street, à New-York (États-Unis).
- Tessier** (Jules), Officier d'Académie, ancien Directeur général des établissements Ménier (*Caoutchoucs, Câbles*), ancien Directeur général des usines Ménier, Rattier, *Société industrielle des Téléphones*, 8, avenue du Square, villa Montmorency, à Paris.
- Thenard** (le baron), Chimiste électricien, 6, place Saint-Sulpice, à Paris.
- Thévenard** (Auguste), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, chargé de la direction de l'Usine centrale du Palais-Royal, 1, rue de Valois, à Paris. M. F.
- Thibaudeau** (Paul-Marie-Joseph), Chef de la canalisation du secteur, *Compagnie continentale Edison*, 19, rue d'Orsel, à Paris.
- Thiercelin** (Pierre), Directeur du *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 174, rue Lafayette, à Paris. M. F.
- Thirion** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 95, boulevard Beaumarchais, à Paris.
- Thomas** (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 44, rue Vaneau, à Paris.
- Thompson** (Professor Sylvanus-P.), F. R. A. S.; B. A.; Morland Chrislett Road West Hampstead, London. N. W. (Angleterre).
- Thomson** (Elihu), Electrician with *general Electric and Thomson Houston Electric Co*, à Swampscott, Mass. (États-Unis).
- Thouroude** (Eugène), Inspecteur des Domaines nationaux, 10, rue Bastiat, à Paris. M. F.
- Thurnauer** (Ernest), Ingénieur, 60, rue Pierre-Charron, à Paris.
- Tillot** (Maurice), Ingénieur, 60, rue du Four, à Paris.
- Tison** (D^r Édouard), 137, rue de Rennes, à Paris. M. F.
- Tobler** (Adolphe), Professeur à l'École Polytechnique suisse, Capitaine d'artillerie, Chef électricien des forts du Gothard, Winklerwiese, 4, à Zurich (Suisse).
- Tonnart** (André-Joseph), Directeur des ateliers de la *Société Le Carbone*, 81, rue de Gravel, à Levallois-Perret (Seine).
- Touanne (de la)**, Ingénieur des Télégraphes, 8, rue de Tournon, à Paris. M. P.
- Toulon** (Paul-Donat), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 75, rue Madame, à Paris.
- Toupot** (l'abbé J.-E.), Professeur, École Fénélon, à Bar-le-Duc (Meuse).
- Trépied** (Charles), Directeur de l'Observatoire d'Alger, à Alger (Algérie). M. F.
- Tresca** (Gustave), Ingénieur-adjoint au Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- Tripier** (D^r A.), 41, rue Cambon, à Paris. M. F.
- Tripier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la *Compagnie des transports électriques de l'Exposition*, 16, rue Ganneron, à Paris.
- Troost** (L.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, 84, rue Bonaparte, à Paris. M. F.
- Trouvé** (Gustave), Ingénieur électricien, 14, rue Vivienne, à Paris. M. F.
- Tunzelmann** (George-Villiam de), Principal Electric and general Engineering College, 2, Pennywern Road, Earls Court, London S. W. (Angleterre).
- Turbiaux** (Paul), Électricien, 35, rue de Soissons, à Bordeaux (Gironde).
- Turenne** (Paul), *Maison Barbier et Bénard*, 82, rue Curial, à Paris.
- Turrettini** (Théodore), Ingénieur, Président du Conseil administratif de la ville de Genève, Directeur de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de Physique*, à Genève (Suisse).

- Ullmann** (Jacques), Constructeur électricien, 16, boulevard Saint-Denis, à Paris.
- Urech** (Henri), 24, quai de la Fontanka, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Uzel** (Pierre), Ingénieur-Électricien, *Maison Sautter, Harlé et C^{ie}*, 39, rue Vital, à Paris.
- Vagniez** (Bénoni), 14, rue Lemer cier, à Amiens (Somme). M. F. M. P.
- Vaillant** fils (A.), Concessionnaire et Directeur de la *Station d'électricité de Barjols*, à Barjols (Var).
- Vallance** (Théophile), Directeur des Postes et Télégraphes de la Nièvre, à Nevers (Nièvre).
- Valton** (Henry), Ingénieur de la Marine, Ingénieur chef des ateliers à la *Compagnie d'Orléans*, 10, rue de La Trémoille, à Paris.
- Vandevelde** (Henri), Ingénieur de l'institut industriel du Nord, attaché aux établissements Postel-Vinay, 153, avenue de Suffren, à Paris.
- Vasconcellos** (E. de), Ingénieur hydrographe, 22, rue Santa-Anna-à-Lapa, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Vasesco** (Démètre), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Gare du Nord, à Bucarest (Roumanie).
- Vaublanc** (Ch. de), Ingénieur à la *Compagnie électrique coloniale*, Château de Mimande, par Chaudenay (Saône-et-Loire).
- Vaucheret** (Amédée), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue Stanislas, à Paris.
- Vaudrey** (Paul-Virgile), Ingénieur-Constructeur électricien, 212, rue Lafayette, à Paris.
- Vedovelli** (Edouard), Ingénieur-Constructeur, 160 et 162, rue Saint-Charles, à Paris.
- Vène** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 17, rue Henri IV, à Bordeaux (Gironde).
- Verdoux** (J.), Négociant, 482, Grande Rue de Péra, à Constantinople (Turquie).
- Vernes** (Amédée), Ingénieur, 61, rue Caumartin, à Paris.
- Vernier** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur électricien. *Maison L. Beutier et Ch. Vernier*, 37, rue Sedaine, à Paris.
- Véry** (Hector), Ingénieur, 40, boulevard de Strasbourg, à Paris.
- Vial** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des mines de Mercadal, par Torrelavega, province de Santander (Espagne). M. F. M. P.
- Vial** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur d'instruments d'Optique, 59, rue Caulaincourt, à Paris. M. F.
- Vicarino** (Charles-Auguste), Administrateur délégué de la *Compagnie générale électrique*, 33, rue Oberlin, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Victor** (Emmanuel), Ingénieur électricien, Chef du service électrique à l'Usine à gaz de Reims (Marne). M. F.
- Viégas** (D^r Antonio dos Santos), à Coïmbra (Portugal). M. F.
- Vigner on** (Eugène-Jules), ancien Professeur à l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie générale des Omnibus*, 7, rue Lagrange, à Paris.
- Vigouroux** (D^r Romain), Médecin de l'Institut municipal d'Électrothérapie à la Salpêtrière, 22, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris. M. F.
- Vincens** (Ernest), Ingénieur civil des Mines, 27, avenue de l'Alina, à Paris.

- Violet** (Léon), Ingénieur, Directeur des ateliers *J. Carpentier*, Trésorier de la *Société internationale des Électriciens*, 20, rue Delambre, à Paris. M. F.
- Violle** (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Président de la *Société internationale des Électriciens*, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. M. F.
- Vivarez** (Henry), Ingénieur civil des Mines, 12, rue de Berne, à Paris. M. F.
- Vives** (Dr Guillermo), Médecin-Oculiste, à Ponce (Ile de Porto-Rico). M. F. M. P.
- Vivès-y-Navaro** (Dr Carlos), Rambla de Cataluña, 27 bis 3°, à Barcelone (Espagne). M. P.
- Vlassis** (Léonidas), Inspecteur des Travaux publics, 11, rue Voulgari, à Athènes (Grèce).
- Vlasto** (Ernest), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*, 7, rue Lamennais, à Paris.
- Vloten** (Frank van), Ingénieur, à Grøenweld, près de Nunspeet (Pays-Bas). M. P.
- Vodopianoff** (Jean), Ingénieur, rue d'Autka, villa Buchslab, à Jalta (Russie).
- Voisenat** (Jules), Ingénieur des Télégraphes, au Mans (Sarthe).
- Vuilleumier** (C.), Ingénieur électricien, 111, rue de la Folie-Méricourt, à Paris.
- Walckenaer** (Charles), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Wallut** (Raymond), 217, rue Lafayette, à Paris.
- Waridel** (Paul), Ingénieur électricien, aux Chemins de fer orientaux, à Constantinople (Turquie).
- Waterhouse** (Laurence-Maxwell), A. I. E. E., A. M. Inst. C. E., Manager and Engineer *The simple steel conduit*, C°ld, Coventry street, Birmingham (Angleterre).
- Weaver** (W.-D.), Ingénieur électricien, 7, West, 26 street, à New-York (U.S.A.).
- Webber** (le Major-Général C.-E.), C. B., Consulting and Electrical Engineer, 27, Chancery Lane, à London W. C. (Angleterre). M. F.
- Weber** (Dr H.-F.), Professeur, à Neumünster (Suisse). M. F.
- Weill** (Horace), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 58 bis, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
- Weiller** (Lazare), Ingénieur manufacturier, 29, rue de Londres, à Paris. M. F.
- Weissenbruch** (L.), Ingénieur au Ministère des Chemins de fer, 45, rue du Poinçon, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Welter** (Jean-Charles), Ingénieur à la *Société industrielle d'Électricité, procédés Westinghouse*, 2, boulevard d'Inkermann, à Neuilly-sur-Seine.
- Wibratte** (H.-D.), Ingénieur électricien, Constructeur, 45, rue des Tourneurs, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.
- Williot** (Victor), Chef du Service technique à la Direction des Travaux de Paris, 56, rue de la Fédération, à Montreuil-sous-Bois (Seine). M. F.
- Willot**, Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris. M. F.
- Winter** (G.-K.), F. R. A. S., M. Inst. C. E., M. I. E. E., Telegraph Engineer and Electrician Madras Railway, à Arkonum, près Madras (Indes orientales). M. F. M. P.
- Witzig** (Augustin), Ingénieur attaché à la maison *Sautter, Harlé et Cie*, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 86, rue de Monceau, à Paris.

Worms (Eugène), Électricien, 56, rue de la Victoire, à Paris.

Worms (Henri-Jean-Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, à la *Société Le Carbone*, 12, rue de Lorraine, à Levallois-Perret (Seine).

Worth (Fredrick-G.), Whitehall Club, Parliament street, London S. W. (Angleterre).

Wuilleumier (Henri), Ingénieur, 22 *bis*, rue Chaptal, à Paris.

Xifra (Narciso), Ingénieur électricien, à Gérone (Espagne).

M. P.

Yesares Blanco (Ricardo), Ingénieur électricien; Montéléon, 27, Dcha 2° à Madrid (Espagne).

Zenger (Ch.-V.), Membre de l'Académie des Sciences de l'Empereur François-Joseph I, Professeur à l'École Polytechnique slave, rue du Belvédère 18, III, à Prague (Autriche).
M. F.

Zetter (Charles), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie française d'Appareillage électrique*, 49, rue de Maubeuge, à Paris.

Ziffer (Emanuel-A.), Ingénieur civil, Président des *Chemins de fer Lemberg-Czer-nowitz-Jassy* et des *Chemins de fer Lemberg-Betzée* (Tomaszów) I Gisélastrasse, 9, à Wien (Autriche).

Zweifel (Gaspard), Ingénieur électricien à la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, à Belfort (territoire de Belfort).





UNIVERSITY OF MINNESOTA
sci.pere t.16

Soci et e internationale des electricie
Bulletin de la Soci et e internationale



3 1951 000 874 723 R

Minnesota Library Access Center



9 ZA R02 D19 S04 IE Y